

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

ESSAI PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉDUCATION
(CONCENTRATION ORTHOPÉDAGOGIE)

PAR
GABRIELLE DUBUC

UN ENSEIGNEMENT D'UN PREMIER SENS DE LA MULTIPLICATION CHEZ
DEUX ÉLÈVES DU PRIMAIRE PRÉSENTANT UN TROUBLE DU SPECTRE DE
L'AUTISME

AVRIL 2017

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de cet essai a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son essai.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur cet essai. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de cet essai requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

MAITRISE EN ÉDUCATION (CONCENTRATION ORTHOPÉDAGOGIE)

PROGRAMME OFFERT PAR L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

UN ENSEIGNEMENT D'UN PREMIER SENS DE LA MULTIPLICATION CHEZ
DEUX ÉLÈVES DU PRIMAIRE PRÉSENTANT UN TROUBLE DU SPECTRE DE
L'AUTISME

PAR
GABRIELLE DUBUC

Pascale Blouin

Directrice de recherche

Université du Québec à Trois-Rivières

Anne Roy

Évaluateur

Université du Québec à Trois-Rivières

Sommaire

Le but de cet essai est d'explorer une stratégie d'enseignement d'un premier sens de la multiplication pour des élèves du primaire présentant un trouble du spectre de l'autisme (TSA). Le nombre d'élèves présentant un TSA est en augmentation actuellement. Il s'agit d'une population ayant des besoins différents de la population neurotypique ou des autres élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage (EHDA). D'un point de vue orthopédagogique, il s'agit de dégager les stratégies mises en place par ces élèves et de cerner les caractéristiques de cette méthode pour le professionnel. Dans ce contexte, la méthode du *Schema-Based Instruction* (SBI) a été mise en place pour des élèves présentant un TSA pour un premier sens de la multiplication. Cette méthode permet d'organiser l'apprentissage et de schématiser un concept mathématique. Ceci est seulement possible dans le cadre d'une analyse conceptuelle complète. Dans le cadre de notre recherche, il a été possible de voir une stabilité des apprentissages chez les deux élèves ayant un TSA au primaire lors de l'expérimentation. De plus, des acquis ont pu être constatés lors de tâches mathématiques suivant cette période d'enseignement. Ces acquis touchent la fonction des nombres et le niveau d'abstraction utilisé pour résoudre les tâches proposées. Toujours d'un point de vue orthopédagogique, cette recherche offre une piste de réflexion sur les paramètres utilisés pour évaluer les connaissances et les compétences des élèves ayant des besoins particuliers. D'autres recherches seraient nécessaires afin de vérifier la pertinence de la méthode SBI avec d'autres concepts mathématiques ou d'autres populations d'élèves.

Table des matières

Sommaire	iii
Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vii
Liste des abréviations et termes spécifiques	viii
Remerciements	ix
Introduction	1
Problématique	4
1.1 Le rôle de l'orthopédagogue	5
1.2 L'apprentissage des mathématiques.....	6
1.2.1 Les difficultés d'apprentissage en mathématiques.....	7
1.3. L'élève présentant un TSA.....	8
1.3.1 Prévalence du diagnostic.....	9
1.3.2 Les caractéristiques distinctives de l'élève présentant un TSA	10
1.4 Question de recherche	18
Cadre de référence.....	19
2.1 L'orthopédagogue et ses interventions.....	20
2.2 L'apprentissage des mathématiques.....	21
2.2.1 Le champ conceptuel : le cas de la structure multiplicative.....	21
2.2.2 Les stratégies des élèves dans l'apprentissage de la structure multiplicative	29
2.3 L'apprentissage chez les élèves présentant un TSA	30
2.3.1 Apprentissage du français	30
2.3.2 Apprentissage des mathématiques	31
2.4 Objectifs de recherche.....	36
Méthodologie	37
3.1 Les participants	38
3.1.1 Les critères d'inclusion et d'exclusion.....	39
3.1.2 Méthode recrutement des participants	40
3.1.3 Présentation des participants	40

3.2 Les ressources matérielles.....	41
3.2.1 L'environnement de travail.....	42
3.2.2 Le matériel d'intervention.....	42
3.3 Déroulement des rencontres.....	43
3.3.1 Déroulement global des rencontres.....	44
3.3.2 L'organisation spécifique des rencontres.....	47
3.4 Les paramètres.....	48
3.4.1 Les paramètres non retenus.....	48
3.4.2 Les paramètres retenus.....	49
Analyses des résultats et discussion.....	50
4.2 Le codage des paramètres retenus.....	51
4.3 Résultats.....	53
4.3.1 Résultats lors de l'apprentissage.....	54
4.3.2 Stratégies des participants suite à l'expérimentation.....	56
4.4 Discussion.....	59
4.4.1 Les stratégies des participants.....	59
4.4.2 Les conduites de l'orthopédaogogue et les variables didactiques.....	60
4.4.3 Les avantages et les inconvénients de la méthode.....	61
Conclusion.....	62
5.1 Les retombés.....	65
5.2 Les limites.....	66
5.3 Les perspectives futures.....	66
Références.....	68
Appendice A.....	76
Appendice B.....	78
Appendice C.....	80
Appendice D.....	82
Appendice E.....	85
Appendice F.....	87

Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau 1	9
Tableau 2	24
Tableau 3	46
Tableau 4:	54
Tableau 5	58
Tableau 6	83

Liste des figures

Figures

<i>Figure 1</i> : Représentation des nombres de TouchMath, Tirée de SDC FUN	13
<i>Figure 2</i> : Représentation du NVLM, Tiré de Bouck et al. (2014).....	15
<i>Figure 3</i> : Les trois schémas de structure additive, tirés de Rockwell, 2011	16
<i>Figure 4</i> : Structure multiplicative avec opérateur-scalaire	23
<i>Figure 5</i> Schéma Graff et Wozniak	
<i>Figure 6</i> Isomorphisme de mesure (Vergnaud 1981)	26
<i>Figure 7</i> Produit de mesure (Vergnaud, 1981)	

Liste des abréviations et termes spécifiques

DSM V	Manuel diagnostic et statistique des troubles mentaux 5 ^e édition
EHDAA	Élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage
FQA	Fédération québécoise de l'autisme
LIP	Loi sur l'instruction publique
MEES	Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur
MELS	Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
MEQ	Ministère de l'Éducation du Québec
Neurotypique	Personne n'ayant pas de trouble neurologique, par opposition à une personne ayant un TSA
TED	Troubles envahissant du développement
TSA	Trouble du spectre de l'autisme

Note de l'auteure

Le trouble du spectre de l'autisme (TSA) constitue l'homologue du trouble envahissant du développement. Les termes *troubles envahissants du développement* et *troubles du spectre de l'autisme*, ainsi que leurs abréviations (TED et TSA) seront utilisées de façon indifférenciée. De plus, la nouvelle orthographe sera utilisée dans le cadre de ce travail.

Remerciements

Ce travail de maîtrise a été long et ardu, mais m'a permis de cheminer grandement, tant professionnellement que personnellement. Ce processus n'aurait pas été possible sans l'appui et les encouragements de nombreuses personnes. Tout d'abord, je tiens à remercier ma directrice, madame Pascale Blouin. Sans ta patience, ton temps et ton aide, je n'aurais pas réussi cet exercice. Je te remercie d'avoir cru en mon potentiel. Ensuite, je tiens à remercier mes parents. Je vous remercie de m'avoir donné le goût d'apprendre et le goût de me dépasser. Vos encouragements et votre amour m'ont permis de compléter ce projet. Finalement, je tiens à remercier les participants et leur famille de m'avoir fait confiance et m'avoir permis de travailler avec eux. Vous êtes des êtres exceptionnels et uniques.

Introduction

Notre parcours professionnel nous a menées à travailler avec des élèves présentant un trouble du spectre de l'autisme (TSA). Ces différentes expériences nous ont amenées à nous questionner sur leur parcours scolaire. Le TSA est considéré, de plus en plus, comme une forme différente d'intelligence ou une nouvelle facette de la neurodiversité (Lemieux, 2015). Nos expériences nous portent à croire que cette analyse est juste, mais que des défis particuliers se dresseront durant le parcours scolaire de ces élèves. En tant qu'orthopédagogue, les défis au niveau de l'enseignement et de l'apprentissage sont ceux auxquels nous nous sommes intéressées. De plus, le peu de recherche dans ce domaine en orthopédagogie ainsi que les nombreux mythes entourant l'autisme et les mathématiques nous ont amenées à vouloir mieux comprendre ce double enjeu.

Premièrement, nous avons situé notre recherche dans l'acquisition d'un premier sens de la multiplication. L'apprentissage de celui-ci comporte des changements de schèmes chez les apprenants, et ceci peut être particulièrement difficile chez un élève présentant un TSA. C'est dans ce contexte que la méthode *Schema-Based Instruction* (SBI) peut être proposée comme piste de solution et nous amènera à la question de recherche. Deuxièmement, chacun des thèmes abordés précédemment sera détaillé, soit un premier sens de la multiplication, l'élève présentant un TSA et ses apprentissages ainsi que la méthode SBI qui permet, selon nous, un rapprochement entre ces deux sphères. Par la même occasion, nos objectifs de recherche seront nommés. Troisièmement, la méthodologie permettant de répondre à nos objectifs de recherche sera élaborée. Il s'agit donc d'établir la séquence d'enseignement, le choix des

participants et les obligations éthiques liées à ce contexte, ainsi que la structure d'analyse des résultats. Quatrièmement, les résultats seront présentés et discutés. Il s'agit donc de voir les stratégies utilisées par les participants dans un contexte d'apprentissage selon les paramètres retenus. Puis de valider la pertinence de la méthode SBI d'un point de vue orthopédagogique. Pour conclure, un résumé de la recherche est présenté afin d'apporter les différentes retombées futures, les limites de la présente recherche et les perspectives à venir dans ce domaine.

Problématique

Dans le présent chapitre, la pertinence et le contexte de notre problématique seront présentés. Dans un premier temps, il s'agira de mettre le contexte de l'intervention orthopédagogique en mathématique. Par le fait même, le caractère singulier et essentiel du premier sens de la multiplication sera détaillé. Dans un deuxième temps, il importe d'expliquer la distinction entre les élèves présentant un TSA et l'ensemble des EHDAA. L'élève présentant un TSA est considéré comme ayant une construction des connaissances qui lui est propre. La combinaison de ces éléments permet de proposer la méthode SBI comme piste d'enseignement à explorer, car elle permet une réunion intéressante de l'enseignement des mathématiques et des besoins des élèves présentant un TSA. Finalement, notre question de recherche sera présentée.

1.1 Le rôle de l'orthopédagogue

Dans le milieu scolaire, l'orthopédagogue fait partie intégrante du plan de réussite de tous les élèves. C'est un service qui s'inscrit dans la *Loi sur l'instruction publique* (LIP). Dans le même ordre d'idées, l'orthopédagogue doit travailler à l'atteinte du plein potentiel de tous les élèves. Autrement dit, l'« intervention orthopédagogique a des visées de prévention ou de rééducation, corrective ou compensatoire, afin de permettre à la personne de progresser de façon optimale sur le plan des apprentissages scolaires » (Office des professions du Québec, OPQ, p.17, 2014). Le troisième axe de

compétence, selon le *Référentiel de compétences pour une maîtrise professionnelle en orthopédagogie* (Brodeur, Poirier, Laplante, Boudreau, Makdissi, Blouin, ..., Moreau, 2015) exige de l'orthopédagogue de « mettre à jour de façon continue ses connaissances en fonction de l'évolution des savoirs scientifiques dans les domaines liés à l'orthopédagogie et [d'] ajuster ses pratiques en conséquence » (ibid, p.23). Ceci implique que le professionnel soit renseigné sur les pratiques probantes auprès de l'ensemble des élèves : neurotypiques et EHDAA. C'est dans cette optique que notre recherche s'inscrit.

1.2 L'apprentissage des mathématiques

Les interventions des orthopédagogues dans l'éducation des jeunes, soit au primaire et au secondaire, touchent la lecture, l'écriture et les mathématiques ainsi que les stratégies d'autorégulation (Brodeur *et al.* 2015). Actuellement, les interventions se font majoritairement en français (OPQ, 2014). Il y a toutefois une augmentation des demandes d'intervention en mathématiques (ibid.). Les mathématiques sont essentielles à la poursuite des études ainsi que pour développer une panoplie de stratégies. Le Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ) dans son document sur la *Progression des apprentissages au primaire : Mathématique* (2009) parle de développement du savoir-faire et du savoir-agir mathématiques dans la résolution de problèmes et dans leurs applications au quotidien.

1.2.1 Les difficultés d'apprentissage en mathématiques

L'apprentissage des mathématiques est largement teinté par des facteurs affectifs (Van Nieuwenhoven et De Vriendt, 2012). De plus, il est complexe et demande la coordination de différentes fonctions exécutives et de différentes connaissances (Poirier, 2001; Van de Walle et Lovin, 2008). Selon Rajotte, Giroux et Voyer (2014), les difficultés d'apprentissage en mathématiques devraient être évaluées dans une perspective d'interaction entre l'objet mathématique et l'élève, plutôt que dans une perspective de difficultés intrinsèques à l'élève. Il nous apparaît comme indispensable de bien définir le concept mathématique afin d'offrir des méthodes d'enseignement répondant aux notions didactiques et aux besoins des élèves.

1.2.1.1 Un premier sens de la multiplication

Dans le cas présent, nous nous intéressons à l'apprentissage d'un premier sens de la multiplication. D'une part, il s'agit d'une exigence ministérielle pour la poursuite des études (MELS, 2009). D'autre part, la structure multiplicative est une notion arithmétique de base qui sera essentielle à la compréhension d'éléments en biologie, en statistique, en géographie et en physique; tout comme dans la vie de tous les jours (Oliveira, 2008). De plus, cet apprentissage amène un changement de paradigme, et est un moment charnière dans la conceptualisation des mathématiques (Brousseau, 1988; Vergnaud, 1994; Vincent, 1992; Steffe, 1994). Selon Van de Walle et Lovin (2008) « l'une des principales difficultés conceptuelles qu'on éprouve en travaillant avec les structures multiplicatives est de percevoir un groupe de choses comme une entité unique

tout en comprenant que le groupe contient un nombre donné d'objets » (p.61). Brickwedde (2011) ajoute que cette compréhension des nombres demande une flexibilité cognitive importante et qu'il s'agit d'un apprentissage complexe pour les élèves du primaire. Bref, l'acquisition de la structure multiplicative implique des changements au niveau de la compréhension du nombre (un groupe pouvant être une unité ou nombre comme opérateur-scalaire) mais aussi l'acquisition d'une pensée proportionnelle. Selon Vergnaud (1981), l'utilisation d'un opérateur-scalaire est généralement la porte d'entrée vers la pensée proportionnelle.

Pour résumé, l'introduction de la structure multiplicative est complexe pour les élèves (Levain et Vergnaud, 1994). Elle demande un changement de la compréhension du rôle du nombre ainsi qu'une acquisition d'un plus grand nombre de catégories de problème. Il s'agit d'un moment pivot dans l'apprentissage des mathématiques.

1.3. L'élève présentant un TSA

L'élève ayant un TSA, en milieu scolaire, fait partie du regroupement des EHDAA. Plus précisément, il est considéré comme un élève en situation de handicap. Il nous apparaît évident que ces élèves se distinguent des autres. La prévalence de ce trouble ainsi que les caractéristiques reconnues chez ces élèves semblent confirmer l'importance de trouver des méthodes d'enseignement efficace pour ceux-ci.

1.3.1 Prévalence du diagnostic

L'augmentation fulgurante du nombre de diagnostics de TSA est majeure. Par exemple, en Montérégie, Noiseux (2011) fait état d'une augmentation de 700% en 10 ans. Selon la Fédération Québécoise de l'Autisme (FQA, 2016), le taux de prévalence serait maintenant de 1%. Les élèves présentant un TSA sont majoritaires dans l'ensemble des élèves en situation de handicap. Comme le montre le tableau 1, ils représentent 28,8% de ceux-ci ce qui en fait la sous-catégorie la plus importante (Olivier et Sarrazin, 2015). Il va de soi que cette augmentation a des répercussions sur la composition des classes, spéciales et ordinaires. Lors de l'année scolaire 2002-2003, il y avait 797 élèves présentant un TED intégrés en classe ordinaire (Olivier et Sarrazin, 2015). Ce nombre est passé à 3 333 en 2009-2010 (*ibid.*). En 2012-2013, il s'agissait de 4 754 élèves et 43% d'entre eux étaient intégrés en classe ordinaire (Noiseux, 2015).

Tableau 1
Répartition des élèves handicapés selon le type de déficience au préscolaire, au primaire et au secondaire, réseau d'enseignement public, Québec, 2011-2012

Handicaps	Préscolaire	Primaire	Secondaire	Total
	%			
Intellectuelle profonde	0,7	0,9	2,9	1,8
Intellectuelle moyenne à sévère	2,6	4,6	13,5	8,3
Motrice légère ou organique	10,6	12,7	11,6	12,1
Motrice grave	5,2	3,4	4,4	4,0
Langagière	13,6	28,9	22,9	25,1
Visuelle	1,3	1,6	1,9	1,7
Auditive	4,9	3,8	5,3	4,6
Troubles du spectre de l'autisme	33,3	31,0	25,5	28,8
Troubles relevant de la psychopathologie	1,0	7,6	10,7	8,4
Atypique	26,9	5,4	1,1	5,3
Total	100	100	100	100

Tiré de Olivier, coll. Sarrazin, 2015

1.3.2 Les caractéristiques distinctives de l'élève présentant un TSA

L'élève présentant un TSA se distingue sur plusieurs points des autres EHDAA ou des élèves neurotypiques. Cette distinction peut être faite par les critères diagnostics du trouble et par les recherches sur l'enseignement et l'apprentissage auprès de cette clientèle.

1.3.2.1 L'enfant présentant un TSA

Il est difficile d'établir un portrait général de cette population, car ils ont des profils très hétérogènes intra- et inter-individus (Bauminger-Zviely, 2013; Burton, Anderson, Prater et Dyches, 2013; Collège des médecins du Québec et Ordre des psychologues du Québec, 2012; Donaldson et Zager, 2010; Pennington, 2010; Schaefer Whitby, 2012; Zager, Wehmeyer et Simpson, 2012). Toutefois, les critères diagnostics peuvent être un point de départ pour établir ce portrait. Ces critères sont de deux ordres : des difficultés persistantes au niveau de la communication et des interactions sociales et des comportements, des intérêts ou des activités restreints ou répétitifs (DSM-V, 2013)

Ceux-ci peuvent avoir des répercussions sur le comportement de l'élève présentant un TSA. Par exemple, les comportements sociaux sont plus difficiles à acquérir. Ces comportements peuvent se traduire par peu de contacts visuels ou des connaissances plus importantes sur l'environnement physique par opposition aux relations sociales (Zager, Wehmeyer et Simpson, 2012). Selon Bauminger-Zviely (2013), notre impression que ces enfants veulent être seuls se définirait plutôt comme

des interactions sociales passives ou d'une incapacité à adopter les comportements permettant de briser l'isolement.

En ce qui concerne les capacités d'apprentissage, il importe d'aborder rapidement la notion d'intelligence ou de capacités intellectuelles. Dawson, Soulières, Gernsbacher et Mottron (2007) mentionnent que les tests standardisés se font généralement verbalement. Ces tests sont développés pour une population neurotypique et ne permettraient pas de démontrer la totalité des capacités des personnes ayant un TSA. Ils avancent donc une forme différente d'intelligence, potentiellement une intelligence non verbale.

1.3.2.2 L'élève présentant un TSA et ses apprentissages

Pour l'apprentissage à proprement parler, Hughes-Lynch (2012) mentionne que les élèves présentant un TSA doivent recevoir un enseignement direct et explicite de compétence spécifique. Elle ajoute que l'enseignement doit être microgradué. Ces éléments sont aussi avancés par Poirier (2011) qui explique que l'enseignement doit être séquentiel, visuel, concret et prévisible. Ces éléments permettaient de voir le caractère distinct de cette catégorie parmi les EHDAA.

L'élève présentant un TSA et l'apprentissage des mathématiques

Les mathématiques, plus précisément l'acquisition d'un premier sens de la multiplication, sont des apprentissages qui sont distincts de par le contenu didactique et l'impact de l'affectivité (Van Nieuwenhoven et De Vriendt, 2012). L'élève présentant

un TSA a lui aussi des défis inhérents à son trouble, comme il a été mentionné précédemment.

D'une part, ils composent la catégorie la plus importante des EHDAA et sont en progression exponentielle depuis quelques années. D'autre part, l'ensemble des éléments caractéristiques amène des défis d'enseignement-apprentissages particuliers. Ces défis sont présents dans l'ensemble des apprentissages scolaires, mais ils nous semblent d'autant plus intéressants en mathématiques. Le manque de consensus entre les chercheurs et le peu de recherche valide dans le domaine nous amène à nous questionner sur cet aspect. Par exemple, Williams, Goldstein, Kojkowski et Minshew (2008) ont soulevé une comorbidité entre des troubles d'apprentissage et les TSA. Selon ces derniers, 25% des autistes de haut niveau auraient des difficultés similaires à la dyscalculie. D'autres auteurs affirment tout le contraire. Selon James (2010), il y a un lien incontestable entre l'autisme et des aptitudes en mathématiques. Tout comme, Baron-Cohen, Wheelwright, Burtenshaw et Hobson (2007) qui établissent un lien entre les études supérieures en mathématique et l'autisme. Le manque de consensus face à l'apprentissage des mathématiques chez les élèves présentant un TSA nuit au développement de pratiques probantes auprès de ceux-ci.

Plusieurs recherches se sont basées sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques chez ces élèves. Une grande majorité d'études sur les mathématiques s'intéresse à des apprentissages fonctionnels auprès des élèves présentant un TSA

(Bouck, Satsangi, Douchty et Courtney, 2014; Browder, Spooner, Ahlgrim-Delzell, Harris et Wakeman, 2008; Cihak et Foust, 2008; Pennington, 2010; Waters et Boon, 2011). Dans le cas présent, nous nous intéresserons aux études concernant des concepts inclus dans le cursus scolaire.

Pour leur part, Cihak et Foust (2008) ont comparé l'utilisation d'une droite numérique et le touché de point (TouchMath) pour la résolution de problème d'addition à un chiffre auprès de trois élèves ayant un TSA âgés entre 7 et 8 ans. Le terme problème représente ici des algorithmes de calcul. Les feuilles présentées aux participants comprenaient 10 calculs verticaux d'addition à un chiffre, par exemple $9 + 3$. Les nombres sont organisés avec des points. Les points simples comptent pour 1, alors que les points doubles comptent pour 2. Par exemple, le nombre 7 est composé de 1 point simple et de 3 points doubles ($1 + 3 \times 2$).

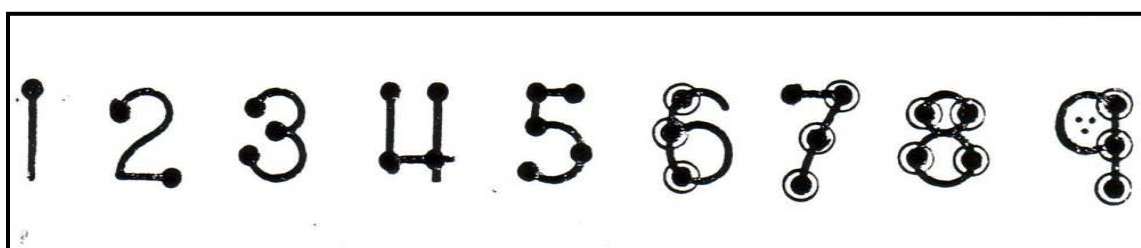


Figure 1: Représentation des nombres de TouchMath, Tirée de SDC FUN

Il s'agissait d'un enseignement dans une classe ressource avec deux enseignantes qui connaissaient bien les élèves. Les élèves se sont améliorés avec les deux méthodes d'enseignement. Les deux méthodes d'enseignements comprenaient des supports visuels et semi-concrets. Elles impliquaient un enseignement direct et prévisible des tâches à

faire. Il y avait aussi un faible ratio maître-élève et des intervenants connus des participants. Tous ces éléments sont en concordance avec les éléments nommés précédemment et font consensus pour l'enseignement-apprentissage chez les élèves ayant un TSA. Il semble que l'amélioration était plus importante avec le touché de point qu'avec la droite numérique. Ces apprentissages ont aussi permis une meilleure intégration des élèves qui nécessitaient moins de support dans la classe ordinaire. Par ailleurs, cette méthode avait été démontrée efficace auprès d'élèves ayant des déficiences intellectuelles. Il s'agit d'une étude intéressante, mais qui ne tient pas compte de l'ensemble des sens de la structure additive. Il s'agit d'un enseignement d'une méthode de calcul, plutôt que sur le sens des opérations. Les élèves deviennent effectivement efficaces pour faire des calculs, mais l'étude ne semble pas démontrer qu'ils arrivent à comprendre la structure additive en contexte. Selon nous, cette étude n'apporte pas un point de vue didactique sur l'apprentissage chez les élèves présentant un TSA.

Dans une autre étude par Bouck, Satsangi, Doughty et Courtney (2014), les chercheurs ont tenté d'enseigner la soustraction à un ou deux chiffres à l'aide de matériel de manipulation réel ou virtuel. Le matériel de manipulation virtuel est représenté dans un tableau de valeur de position, soit celui du *National Library of Virtual Manipulatives software* (NLVM). L'enseignement de ce concept s'est fait en comparant l'utilisation de matériel concret physique et de matériel concret virtuel. Il

s'agissait de l'utilisation d'un ordinateur avec une souris ainsi que du logiciel du NLVM.

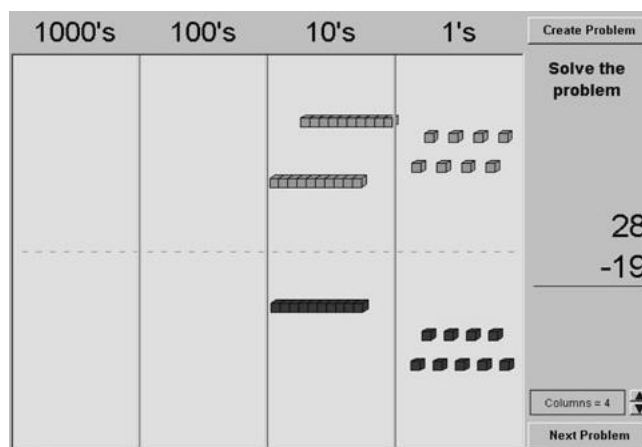


Figure 2: Représentation du NVLM, Tiré de Bouck et al. (2014)

Les tâches mathématiques étaient du type « Que donne ____ moins ____? ». Comme dans l'étude précédente, le concept mathématique est pris de façon acontextuelle. Il est possible de constater que cette étude a aidé les participants dans l'application de l'algorithme de soustraction. Le logiciel permet aussi de voir le nombre de façon global, lors de la nécessité de faire un emprunt (une dizaine est nécessaire pour effacer tous les cubes d'unités). Encore une fois, l'algorithme peut être maîtrisé, mais il est difficile de voir si le sens des opérations est acquis.

La thèse de Rockwell (2011) visait un enseignement explicite des structures de problème additif à l'aide de la méthode SBI. Elle a travaillé au domicile de deux garçons à raison de cinq (5) rencontres de trente (30) minutes par semaine. Les différentes classes de structures additives étaient enseignées séparément : partie-tout, comparaison

et changement. Chacune des classes de structure avaient une schématisation propre, comme le montre la figure 3.

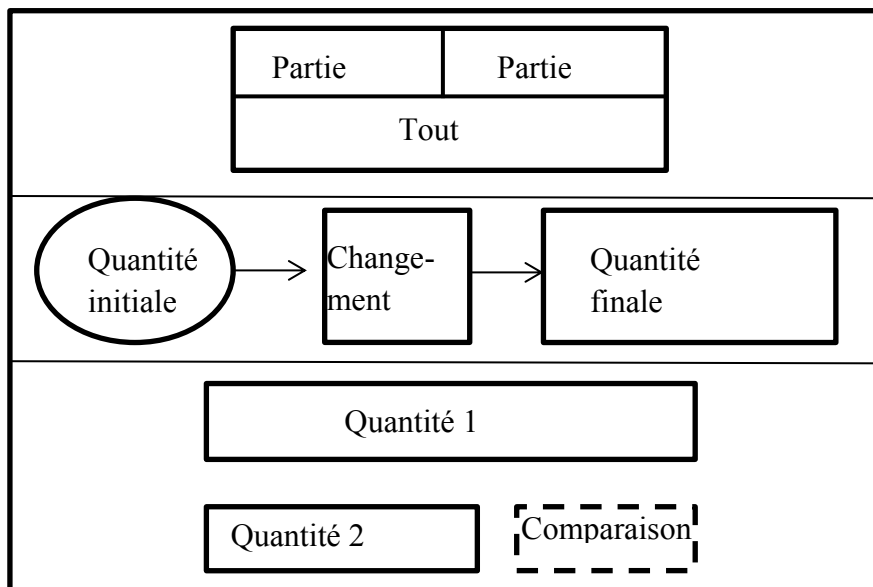


Figure 3: Les trois schémas de structure additive, tirés de Rockwell, 2011

Puis, un enseignement explicite pour discriminer les différentes classes était fait. De plus, des interventions étaient mises en place afin de supporter des difficultés qui auraient découlés du trouble de l'élève. Par exemple, les participants avaient un aide mnémotechnique pour se rappeler des différentes étapes de résolution. L'intervenant avait aussi une liste à cocher afin de mettre en place tous les éléments de l'enseignement explicite. Des adaptations environnementales (pause, renforçateurs sociaux ou alimentaires) étaient mises en place afin d'aider les participants à réaliser les tâches. Les participants ont amélioré leur capacité à résoudre des tâches mathématiques impliquant

des structures additives. Ils ont même été en mesure de généraliser leurs acquis indépendamment des variables didactiques mises en place.

Selon Bae (2013), les élèves présentant un TSA ont plus de difficulté au niveau de la résolution de tâches mathématiques en comparaison à leurs pairs neurotypiques. Pour leur part, Chiang et Lin (2007) ont fait une recension des écrits concernant les habiletés de calcul et de résolution de tâches mathématiques des élèves présentant un TSA. Cette recherche proposait une hétérogénéité importante des aptitudes de ces élèves dans ces tâches scolaires. De plus, ces élèves avaient souvent de bonnes capacités de calcul, mais des difficultés dans la résolution de tâches mathématiques impliquant des structures additives ou multiplicatives. Yakubova, Hughes et Hornberger (2015) mentionnent qu'environ 25% des élèves présentant un TSA auraient des difficultés en mathématiques. Ces difficultés se diviseraient en trois catégories : visuospatiales, procédurales et mémorisation sémantique. Celles-ci auraient un impact sur la résolution de tâches mathématiques impliquant les structures additives et multiplicatives.

Plus précisément, la méthode SBI comprend : un enseignement direct, prévisible et accompagné d'un support visuel. Par ailleurs, il est basé sur des contenus didactiques pour l'élaboration des tâches mathématiques mises en place. Ce qui était, selon nous, déficitaire dans les études citées avant la thèse de Rockwell (2011). Il nous semble donc que ce type d'approche adopte un point de vue tenant compte de la didactique des mathématiques.

1.4 Question de recherche

L'apprentissage d'un premier sens de la multiplication apporte des difficultés pour les élèves. Parmi ceux-ci, les élèves présentant un TSA sont une catégorie d'élèves dont il faut tenir compte dans l'élaboration de nos méthodes d'enseignement de par leur caractère distinct. La méthode SBI, telle que présentée dans la thèse de Rockwell, ainsi que les résultats obtenus par celle-ci nous permettent de supposer que cette méthode associée à une analyse conceptuelle complète pourrait être pertinente pour les élèves présentant un TSA. Dans cette optique, notre question de recherche consiste à se demander : « Dans quelles mesures une intervention orthopédagogique basée sur les principes de la méthode SBI auprès d'élève du primaire présentant un TSA permet de développer ou consolider un premier sens de la multiplication chez ce dernier? »

Cadre de référence

Dans le présent chapitre, les interventions de l'orthopédagogue seront très brièvement décrites afin d'offrir un contexte des interventions subséquentes. Par la suite, les composantes didactiques d'un premier sens de la multiplication seront exposées. Il s'agit du champ conceptuel de ce sens de la structure multiplicative, des variables didactiques associées ainsi que des difficultés reliées à cet apprentissage. Pour poursuivre, l'élève présentant un TSA sera détaillé. Ses caractéristiques propres ainsi que les pratiques d'enseignement et d'apprentissage chez cette population seront décrites. Finalement, les objectifs de recherche élaborés afin de répondre à notre question de recherche seront exposés.

2.1 L'orthopédagogue et ses interventions

Selon l'Association des orthopédagogues du Québec (ADOQ, 2013), l'« orthopédagogue est un *pédagogue spécialisé* dans le domaine des sciences de l'éducation qui *évalue* et qui *intervient* auprès des *apprenants* qui sont susceptibles de présenter, ou qui présentent, des *difficultés d'apprentissage scolaire*, en *lecture*, en *écriture* ou en *mathématique*, incluant les *troubles d'apprentissage* ». Dans le milieu scolaire, son travail touche autant le support à l'enseignant que les interventions rééducatives ou compensatoires auprès des apprenants (*ibid.*). Ces interventions peuvent être directes ou indirectes, c'est-à-dire, des interventions auprès de l'apprenant ou auprès

des autres professionnels. Il doit s'appuyer sur les recherches tant en didactique qu'en sciences cognitives. Même si les demandes en mathématiques augmentent, les orthopédagogues interviennent peu dans ce champ (Fontaine, 2008).

2.2 L'apprentissage des mathématiques

L'apprentissage des mathématiques repose sur la construction de savoirs nouveaux ou sur la restructuration de connaissances antérieures (Poirier, 2001). Deux éléments entrent en jeu dans l'apprentissage : les caractéristiques propres aux concepts enseignés et les caractéristiques cognitives des élèves (Giroux dans Mary, Squalli, Theis et Deblois, 2014).

2.2.1 Le champ conceptuel : le cas de la structure multiplicative

La théorie des champs conceptuels permet d'organiser les connaissances et les compétences des apprenants dans une perspective développementale (Vergnaud, 2013). Selon Steffe (1994), l'apprentissage des mathématiques consiste en une adaptation des connaissances en fonction des expériences vécues. De plus, il mentionne que les élèves doivent reconnaître ces concepts et ces connaissances comme importants (ibid.). Selon le même auteur, les conceptions et les représentations de l'élève doivent être prises en considération dans l'enseignement qui leur est donné. Par ailleurs, comme le mentionne Vergnaud (1994), les élèves arrivent dans ces situations avec leurs connaissances mathématiques, mais aussi avec leurs compétences langagières, sociales et affectives. Il parle aussi de schèmes pour définir l'organisation des connaissances chez une personne.

Ces schèmes permettent de rendre les connaissances utilisables, c'est-à-dire « ce n'est pas seulement une définition par un énoncé et des textes, mais aussi ce qui est sous-jacent aux compétences et permet à l'action d'être opératoire » (ibid., p.177). Toujours selon Vergnaud (1994), l'apprentissage résulte d'une interaction entre un sujet, un objet et une situation où l'enseignant doit guider l'apprenant dans ses réflexions et ses actions. C'est à ce moment que la construction ou la restructuration des schèmes mathématiques peut se faire.

Selon Vergnaud (1981), trois grandes catégories de structures multiplicatives sont en jeu dans l'enseignement au primaire. Ces catégories sont identifiées par le terme « structure multiplicative » et regroupent l'ensemble des situations impliquant une multiplication ou une division de nombres. Ces différentes classes peuvent être organisées selon des niveaux de complexité, car la pensée proportionnelle se construit progressivement (Vincent, 1992).

La première catégorie regroupe les situations où un seul type de mesure est impliqué (Vergnaud, 1981). Il s'agit d'une relation avec un opérateur-scalaire aussi appelé coefficient. Des éléments sémantiques peuvent être facilement reconnaissables tels que *fois plus* ou *fois moins*. Prenons l'exemple suivant :

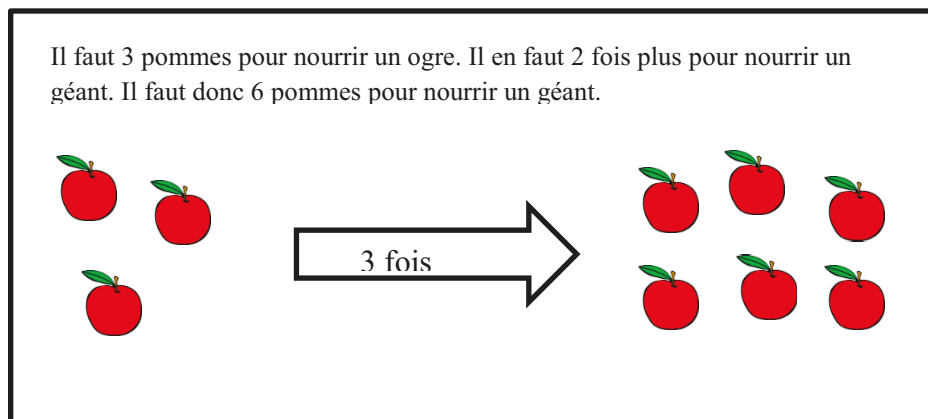


Figure 4: Structure multiplicative avec opérateur-scalaire

Dans cet exemple, la mesure est « pomme » et le coefficient est « 3 fois plus ». Ainsi, le nombre 3 est un nombre de fois et perd sa tangibilité, par rapport aux *pommes*. Cette classe de structure peut être décomposée en fonction des variables inhérentes à celle-ci. Dépendamment de la variable qui est recherchée, le niveau de difficulté varie. Dans le tableau suivant, nous utiliserons $Q1$, $Q2$ et C pour définir les différents éléments recherchés. $Q1$ est la première mesure donnée, $Q2$ est la deuxième mesure donnée et O est l'opérateur-scalaire. Les différentes données manquantes, le vocabulaire mathématique utilisé et les stratégies de l'élève peuvent influencer le niveau de difficulté de la tâche mathématique. Vergnaud (1981) distingue deux niveaux de difficulté : la recherche de la mesure ou la recherche du coefficient. La recherche d'une mesure peut être faite par deux opérations, la multiplication ou la division. Alors que la recherche de coefficient se fait exclusivement par la division. Il nous semble que ces niveaux peuvent être microgradués selon les informations fournies, l'opération choisie par l'élève pour résoudre la tâche ainsi que le vocabulaire mathématique utilisé dans l'énoncé. Cette

gradation des variables didactiques propres à cette classe mène à une organisation hiérarchisée des niveaux de difficulté balisée par la donnée manquante et le vocabulaire utilisé dans l'énoncé, entre autre.

Tableau 2

Différentes compositions d'un problème avec opérateur-scalaire

Données manquantes (gras)	Exemple de tâches
$Q1 \times C = \mathbf{Q2}$	Jean a 2 bonbons. Pierre a 2 fois plus de bonbons. Combien de bonbons a Pierre?
$Q1 \div C = \mathbf{Q2}$	Jean a 4 bonbons. Pierre a 2 fois moins de bonbons. Combien de bonbons a Pierre?
$\mathbf{Q1} \times C = Q2$	Jean a des bonbons. Pierre a 2 fois plus de bonbons. Pierre a 4 bonbons. Combien de bonbons a Jean?
$\mathbf{Q1} \div C = Q2$	Jean a des bonbons. Pierre a 2 fois moins de bonbons. Pierre a 2 bonbons. Combien de bonbons a Jean?
$Q1 \times C = Q2$	Jean a 2 bonbons. Pierre a plus de bonbons que Jean. Pierre a 4 bonbons. Combien de fois plus de bonbons Pierre a par rapport à Jean?
$Q1 \div C = Q2$	Jean a 4 bonbons. Pierre a moins de bonbons que Jean. Pierre a 2 bonbons. Combien de fois moins de bonbons a Pierre par rapport à Jean?

Toujours selon Vergnaud (1981), il s'agit du premier sens de la structure multiplicative que les apprenants comprennent et il affirme aussi qu'il s'agit d'un apprentissage naturel. En opposition, Brickwedde (2011) mentionne que le passage de la structure additive à la structure multiplicative exige des élèves une réorganisation importante des schèmes et une grande flexibilité cognitive. Il s'agit d'un saut conceptuel important, où les nombres prennent une nouvelle forme, dans le cas présent le coefficient. C'est dans cette perspective que s'inscrit ce projet de recherche.

La représentation schématique de cette structure multiplicative a été élaborée en combinant deux éléments. D'abord, Graff et Wozniak (2011) montre un schéma indiquant un seul sens au niveau de l'opérateur scalaire.

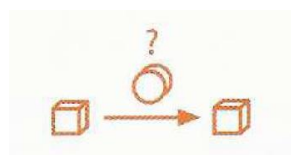
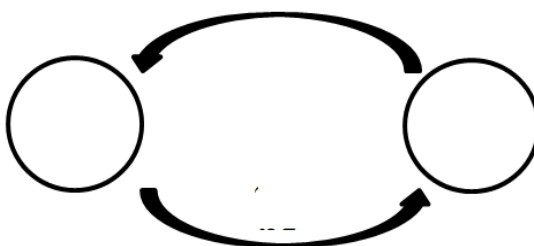


Figure 5 Schéma Graff et Wozniak

Ce schéma est intéressant, car il montre les quantités et l'opérateur sous deux formes différentes, c'est-à-dire que les quantités sont dans les cubes, alors que l'opérateur est dans le cylindre et leur relation est établie par la flèche. Ce schéma est intéressant, car il permet d'organiser visuellement les données de la tâche mathématique. Toutefois, la flèche unidirectionnelle ne favorise pas la structure multiplicative, en ce sens que la tâche peut généralement être résolue par une multiplication ou une division. Ensuite, les aspects didactiques de Vergnaud (1981) qui sont aussi soutenu par Bell (2002) concernant les pratiques efficaces dans l'enseignement des structures multiplicatives pour les élèves présentant un TSA ont été ajoutés. Il s'agit de voir et d'enseigner en simultanée les deux opérations possibles, soit la multiplication et la division. Tout en gardant des positions ou des formes différentes pour les deux fonctions du nombre impliquées, opérateur et quantité. C'est dans cette optique que nous proposons le schéma suivant :

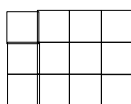


Il importe d'expliquer les autres sens de la structure multiplicative, afin de justifier le choix d'un premier sens de cette structure le présent essai. Dans la deuxième, isomorphisme de mesures, les opérations servent à deux espaces de mesures et les mesures entre elles. Par exemple, « J'ai 3 paquets de yaourts. Il y a 4 yaourts dans chaque paquet. Combien ai-je de yaourts? » (Vergnaud, 1981, p.161). Dans cet exemple, il y a deux espaces de mesures qui sont mis en relation : le nombre de yaourts et les paquets de yaourts. Ainsi, des relations multiplicatives sont impliquées dans chaque espace de mesures (4 yaourts dans un paquet) et entre chacune des mesures d'un même espace. Donc, 3 fois plus de paquets implique 3 fois plus de yaourts. Dans notre exemple, des nombres naturels sont impliqués à la fois en tant que mesure et de relation de mesures.

<i>paquet</i>		<i>yaourts</i>
1	—→	4
3	—→	<i>x</i>

Figure 6 Isomorphisme de mesure (Vergnaud 1981)

La dernière catégorie, produit de mesures, regroupe les situations qui mettent en relation trois quantités. Dans ces situations, 2 espaces de mesures identiques ou différents sont combinés pour créer un nouvel espace de mesure. Dans l'exemple tiré de Vergnaud (1981, p. 172) « Une pièce rectangulaire fait 4 m de long et 3 m de large. Qu'elle est son aire? » (Vergnaud, 1981)



$$x \text{ mètres carrés} = 3 \text{ mètres} \times 4 \text{ mètres}$$

Figure 7 Produit de mesure (Vergnaud, 1981)

L'espace de mesure « mètres » est combiné avec l'espace de mesure « mètres »; combinaison qui produit un nouvel espace de mesures, les « mètres carrés ». Il aurait pu s'agir d'une combinaison de pantalons et de chandails pour faire des costumes. Il est alors possible de voir que deux quantités sont combinées afin d'avoir une troisième forme de quantité. Pour conclure, l'examen des différentes catégories de structures multiplicatives nous amène à considérer que les apprentissages impliqués pour celles-ci ne sont pas du même niveau de complexité.

Les variables didactiques

Les situations proposées aux élèves peuvent être organisées en fonction des concepts vus, mais aussi en fonction d'un ensemble de variables didactiques. L'apprentissage d'une nouvelle structure de calcul, comme la structure multiplicative implique ces variables à différents niveaux. Ce sont les variables didactiques qui

influencent les processus de résolution et donc d'apprentissage d'un élève (Bessot, 2003). Ces éléments de complexité peuvent être regroupés selon quatre variables didactiques décrites par Brousseau (1988). Ces variables permettent de définir la nature des difficultés conceptuelles rencontrées par les apprenants.

Le premier type regroupe les classes de nombres utilisés : naturels, entiers, décimaux, etc. Il est possible d'imaginer que l'apprenant aura plus de difficultés à travailler avec les nombres décimaux qu'avec les nombres naturels. Il peut aussi s'agir de la fonction mathématique remplie par les nombres; soit la cardinalité, la mesure ou l'opérateur-scalaire.

Le deuxième type regroupe les différentes grandeurs. Il s'agit de la taille des nombres, mais aussi de la mesure impliquée. La mesure de un paquet de quatre yogourts est plus facilement accessible aux apprenants que des km/h, par exemple. Il pourrait aussi s'agir d'imaginer cinq pommes ou 100 000 pommes, le premier est plus facile que le deuxième

Le troisième type de variable regroupe la situation en elle-même. Elle peut être didactique et permettre la mise en application de schèmes mathématiques. Elle peut aussi être adidactique, et amener une réorganisation des schèmes de par sa structure et par la démarche nécessaire pour arriver à la résolution de la tâche.

Finalement, le dernier type prend en considération les apprentissages antérieurs de l'élève. Les connaissances, les conceptions et les schèmes propres à l'élève peuvent

avoir un impact sur sa capacité d'apprentissage. En d'autres mots, les « matériaux » de construction pour les nouveaux savoirs ne sont pas les mêmes pour tous les élèves.

2.2.2 Les stratégies des élèves dans l'apprentissage de la structure multiplicative

Les élèves construisent leurs connaissances de la structure multiplicative en étapes (Vincent, 1997; Brickwedde, 2011). Vincent (1997) résume la catégorisation de Sinclair (1968) comme suit :

La première porte sur la notion de proportion définit quatre stades dans l'évolution vers la proportionnalité. Cette étude éclaire le sens de la gradation observée chez les jeunes enfants de 5 à 9 ans : l'enfant passerait d'une représentation basée sur la simple prise en compte des caractéristiques physiques des objets au stade 1 à une représentation caractérisée par le recours à l'opérateur multiplicatif pour convenir du rapport métrique au stade 4, les stades intermédiaires 2 et 3 témoignant de tentatives de coordinations diverses mais non achevées comme, par exemple, la production de régularités dans le cas des petits nombres, coordinations basées sur le recours aux connaissances additives. (p.52)

La deuxième peut être organisée une progression de la compréhension du nombre. Brickwedde (2011) résume cette progression expliquant que les élèves comprennent les quantités en tant qu'addition d'unités en allant vers une compréhension de la quantité en regroupement du nombre. En fait, la première étape pourrait être de voir un élève compter vingt (20) billes en nommant les tous les nombres, c'est-à-dire « 1, 2, 3, ...18, 19, 20 ». Dans la dernière étape, l'élève pourrait comprendre le nombre 20 comme étant quatre (4) groupes ou paquets de 5 billes. Les stratégies des élèves évoluent selon la compréhension du nombre et des possibilités de décomposition de celui-ci.

2.3 L'apprentissage chez les élèves présentant un TSA

Il est possible de nommer certains éléments qui semblent être communs aux élèves présentant un TSA au niveau des apprentissages. Les éléments qui font le plus consensus dans la communauté scientifique sont un enseignement visuel, concret et prévisible (Poirier, 2011). Ces éléments jumelés aux caractéristiques nommées précédemment peuvent amener un portrait global de l'élève ayant un TSA et des pratiques favorisant son développement scolaire.

2.3.1 Apprentissage du français

La lecture étant un élément important de la résolution de problèmes en mathématiques (Robillard, 1995). De plus, un plus grand nombre d'études sur l'enseignement et l'apprentissage du français ont été faites par rapport aux mathématiques. Les difficultés au niveau de la communication peuvent amener des difficultés au niveau de la lecture et de l'écriture (Griswold, Barnhill, Smith Myles, Hagiwara et Simpson, 2002; Pennington, Stenhoff, Gibson et Ballou, 2012). Ces difficultés sont de l'ordre du vocabulaire, de l'organisation des idées et des phrases ou des inférences. Il est intéressant de noter que selon Brown, Oram-Cardy et Johnson (2013) environ 10% des élèves présentant un TSA sont hyperlexiques. Ils développent rapidement, parfois par eux-mêmes, des stratégies de décodages.

2.3.2 Apprentissage des mathématiques

Contrairement aux études sur le français, la majorité des études en mathématiques s'oriente vers des apprentissages fonctionnels (Bouck, Satsangi, Douchty et Courtney, 2014; Browder, Spooner, Ahlgrim-Delzell, Harris et Wakeman, 2008; Cihak et Foust, 2008; Pennington, 2010). Il s'agit surtout d'apprentissages de la vie courante pour aider les élèves à devenir plus indépendants, comme calculer de l'argent ou être apte à lire l'heure. Bien que ces études soient très pertinentes pour beaucoup d'élèves nous nous intéressons aux apprentissages reliés au cursus scolaire.

2.3.2.1 La méthode SBI

La méthode SBI a été développée par plusieurs chercheurs au fil des ans. Actuellement, Jitendra est reconnue comme la chercheuse principale dans ce domaine (Hill, 2012; Rockwell, 2011). En résumé, la méthode SBI peut être définie comme un enseignement explicite de connaissances procédurales et conceptuelles au moyen d'une schématisation des structures des opérations.

L'enseignement explicite compris à l'intérieur de la méthode SBI comprend trois étapes (Hill, 2012; Jitendra et Hoff, 1996; Rockwell, 2011). Il s'agit de l'activation, de l'expérience d'enseignement et de l'objectivation. La première étape consiste à expliquer le but de l'enseignement qui sera fait. Lors de cette étape, l'orthopédagogue explique à l'élève que la présente rencontre portera sur les multiplications et les divisions, qu'il devra résoudre de courtes tâches mathématiques en lien avec ces

opérations et prépare le matériel nécessaire au niveau mathématique et au niveau du support au niveau du TSA.

Par la suite, l'expérience d'enseignement est subdivisée en trois niveaux de pratiques. Ces niveaux sont le modelage, la pratique guidée et la pratique autonome. Le modelage est le niveau durant lequel l'orthopédagogue rend explicites les différentes étapes de résolution. Lors de ce niveau, l'orthopédagogue explique les différentes stratégies mises en place pour résoudre les tâches mathématiques proposées. Il peut s'agir de mettre les quantités en premier dans les cercles du schéma (nombre de bonbons) puis de trouver l'opérateur qui les relie. L'orthopédagogue s'assure de montrer que le sens de la flèche respecte l'opération mise à côté de l'opérateur. Par la suite, lors de la pratique guidée, l'élève réalise les tâches tout en recevant des incitations ou des renforçateurs de la part de l'orthopédagogue. Afin de réussir cette étape, il doit être en mesure de réaliser 80% des tâches par lui-même. Lors de cette étape, l'orthopédagogue guide l'élève dans la réalisation de la tâche. L'aide fournie peut être au niveau mathématiques, si l'élève ne comprend pas la structure de la tâche ou au niveau de support afin d'encadrer les difficultés pouvant être reliées au TSA : difficultés d'attention ou de motivation, par exemple. L'enseignement est complété par la pratique autonome. C'est lors de cette étape que l'élève réalise des tâches de manière autonome afin d'automatiser et de consolider ses apprentissages. L'orthopédagogue doit idéalement ne pas intervenir lors de cette étape. Il est possible d'offrir une rétroaction à l'élève une fois les tâches complétées.

Finalement, après un certain laps de temps, à déterminer par l'orthopédagogue, l'élève complète des tâches déjà vues de manière autonome. Il s'agit du rappel. C'est grâce à cette étape que l'orthopédagogue peut constater le niveau d'acquisition du concept enseigné.

La méthode SBI a été expérimentée au niveau des élèves présentant un TSA et au niveau des tâches mathématiques impliquant une structure multiplicative. Un bref survol de ces deux aspects est nécessaire afin de définir plus précisément cette méthode. Certaines études présentent des élèves ayant un TSA et une DI. Comme il a déjà été mentionné, peu d'études se concentrent sur les élèves présentant un TSA sans DI et considérant les aspects conceptuels des mathématiques.

La méthode SBI et la structure multiplicative

Jitendra, Star, Starosta, Leh, Sood, Caskie... Mack (2009) ont tenté de montrer l'apport de la méthode SBI dans l'apprentissage du taux et de la proportion chez des élèves de 7^e année. Les 148 élèves et leurs enseignants ont d'abord été aléatoirement classés dans les classes contrôles et les classes profitant de l'enseignement par la méthode SBI. L'enseignement de la méthode s'étendait sur une période de dix (10) jours. Les élèves ayant reçu l'enseignement par la méthode SBI de leurs enseignants ont mieux performé au post test suivant l'intervention et au post test quatre (4) mois plus tard. Par contre, les deux (2) groupes ont réussi de manière équivalente lors des examens standardisés.

Jitendra, Star, Rodriguez, Lindell et Someki (2011) ont voulu vérifier l'efficacité de la méthode SBI dans l'amélioration du raisonnement proportionnel chez des élèves de 7^e année. Plus précisément, ils voulaient voir l'impact de cette méthode dans la résolution de problèmes impliquant des taux et des pourcentages en comparaison avec des classes contrôles. L'enseignement explicite impliquait une schématisation des structures de problèmes, un procédurier en quatre (4) étapes et vingt-et-un (21) scripts de leçons. Les leçons étaient données par les enseignants après avoir reçu deux (2) journées de formation. Les résultats ont montré une amélioration momentanée, mais les participants n'ont pas semblé être en mesure de démontrer les mêmes acquis au post test, un mois après les interventions. Les participants de la classe ayant reçu un enseignement SBI ont, tout de même, mieux performé que ceux de la classe contrôle.

La méthode SBI et l'élève présentant un TSA

Pour cette section, trois études ont particulièrement retenu notre attention. Dans le cadre de sa thèse de Rockwell (2011) a voulu évaluer la pertinence de la méthode SBI dans l'apprentissage de résolution de problèmes à structures additives auprès de deux élèves présentant un TSA. Elle a utilisé un enseignement explicite pour la résolution des problèmes et pour la distinction entre les classes de problèmes, chacune ayant un schéma associé. En plus, une stratégie mnémotechnique des étapes de réalisation des tâches a été enseignée au préalable. Des pauses fréquentes ont été aménagées pour les participants. Les participants ont reçu un enseignement de trente (30) minutes cinq (5) fois par semaine pendant vingt (20) semaines. Les deux participants ont amélioré leur capacité

de résolution de problèmes, et ce, même huit (8) semaines après la fin de l'expérimentation.

Pour sa part, Saunders (2014) a expérimenté un enseignement vidéo de la méthode SBI. Les mêmes étapes de l'enseignement explicite étaient mises en place via un ordinateur. Les élèves présentaient un TSA et une déficience intellectuelle (DI). L'enseignement était centré sur des tâches mathématiques impliquant des structures additives. Les élèves ont été en mesure de discriminer les types de problèmes mathématiques et de généraliser plusieurs éléments vers des tâches papier-crayon.

Finalement, Root (2016) a pour sa part utilisé la méthode SBI sur une tablette auprès d'élèves présentant un TSA et une DI. Elle a apporté des changements à la méthode SBI en y ajoutant un enseignement explicite de termes mathématiques pour identifier la structure du problème. Seulement des problèmes de structures additives de type partie-tout ont été enseignés. Il y a avait alors deux possibilités, le tout était manquant ou une des parties. Les résultats montrent une amélioration dans la réalisation de ce type de problème et même une généralisation vers d'autres classes de problèmes additifs.

Avec tous les éléments présentés dans la dernière section, il est possible de saisir en quoi la méthode SBI semble prometteuse dans l'enseignement et l'apprentissage des structures mathématiques, particulièrement pour les élèves présentant un TSA.

L'utilisation d'un schéma et de l'enseignement explicite peut permettre de compenser les difficultés langagières et cognitives chez ces derniers.

2.4 Objectifs de recherche

- Dégager les stratégies utilisées par les élèves ayant un TSA sur un premier sens de la multiplication, sens présenté à l'aide de la méthode SBI
- Cerner les avantages et les inconvénients d'une intervention utilisant la méthode SBI dans le développement d'un premier sens de la multiplication chez un élève ayant un TSA

Méthodologie

Dans le présent chapitre, les différents éléments nécessaires à la réalisation de cette recherche seront exposés. Premièrement, les critères de sélection, la méthode de recrutement et les participants eux-mêmes seront décrits. Deuxièmement, l'ensemble des ressources matérielles seront détaillées. Il s'agit de l'organisation sur papier des différentes tâches ainsi que du matériel permettant de consigner les informations concernant les participants et l'expérimentation. Troisièmement, le déroulement prévu de la collecte de données sera exposé. Ce déroulement se veut en deux temps, soit l'organisation globale des rencontres et l'organisation spécifique d'une rencontre. Finalement, l'ensemble des paramètres choisis seront présentés. Certains paramètres se sont avérés plus pertinents que d'autres et ce choix sera présenté.

3.1 Les participants

Dans cette section, les critères d'inclusion et d'exclusion seront précisés. De plus, les démarches au niveau de la certification éthique seront présentées; incluant le recrutement des participants. Finalement, un bref exposé du contexte des deux participants sera fait. Il est important d'expliquer dès le départ ce choix méthodologique. Premièrement, le choix de faire une étude de cas, avec deux participants, nous permettait un contexte de recherche souple et exploratoire (Karsenti et Savoie-Zajc, 2011).

3.1.1 Les critères d'inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusion sont de deux ordres : le diagnostic de TSA et les connaissances mathématiques. D'une part, le participant doit avoir un diagnostic de TSA. Ce diagnostic doit avoir été fait par des professionnels reconnus du domaine de la santé et des services sociaux (FQA, s.d.). Une copie des conclusions du rapport devra être fournie afin de valider le diagnostic. D'autre part, le participant doit être âgé entre 8 et 12 ans au moment de l'expérimentation. Cette fourchette d'âge permet de limiter nos participants à des élèves du primaire et augmente la probabilité que le participant ait les connaissances préalables nécessaires. Le participant doit avoir des connaissances de base en lecture afin de faire les tâches mathématiques de manière autonome, c'est-à-dire qu'il devra être en mesure de lire et comprendre de courtes phrases. Il doit aussi avoir des connaissances sur des concepts de base en mathématiques. Il doit être en mesure de reconnaître les symboles des opérations mathématiques (\times , \div et $=$) et il doit connaître les nombres naturels inférieurs à 20.

Les critères d'exclusions peuvent être de deux ordres : les diagnostics comorbides au TSA et des connaissances insuffisantes. D'une part, les participants présentant une DI ne seront pas retenus. D'autre part, des connaissances insuffisantes en mathématiques pourraient mener à une exclusion. Ce critère sera vérifié à l'aide du portrait de l'élève dans le plan d'intervention. Bref, les participants devaient répondre aux critères d'inclusion et ne pas présenter de caractère d'exclusion.

3.1.2 Méthode recrutement des participants

Les familles des participants ont été contactées par différentes pages Facebook. Les participants Cette voie de communication a été choisie afin de limiter au maximum l'impact d'un possible biais d'autorité (Sabourin dans Robert, 1988) et pour permettre à des familles volontaires de participer au projet de recherche. Les pages choisies permettent le regroupement d'intervenants ou de familles côtoyant des personnes présentant un TSA (*ICI on parle de TSA* et *Les mots et expressions TED/TSA*). Le même message a été affiché sur celles-ci et les familles des participants potentiels étaient en mesure de communiquer avec nous via une messagerie privée (voir appendice A).

3.1.3 Présentation des participants

Dans le cadre de ce projet de recherche, deux participants ont été contactés. Ils répondaient aux critères d'inclusion, tant sur le plan des mathématiques que sur le plan du diagnostic de TSA.

3.1.3.1 Participant 1

Participant 1 est un garçon de 10 ans et 10 mois au moment de l'expérimentation. Il est décrit comme un garçon sensible et travaillant. Il a reçu le diagnostic de TSA en janvier 2016. Les caractéristiques les plus évidentes sont surtout en lien avec des difficultés marquées d'ajustement lors des échanges sociaux. Il a aussi plusieurs comportements restreints et répétitifs, au niveau de ses loisirs, par exemple. Les différentes sources font mention d'un garçon routinier, rigide et concret. Il est toutefois

capable de comprendre l'humour, si des indices lui sont fournis. Il crée facilement des relations avec les adultes. Il fréquente une école primaire en classe ordinaire. Il sera en 5^e année en septembre 2016. Il n'a jamais reçu de soutien en classe. Il éprouve des difficultés au niveau de l'orthographe et en résolution de problèmes. Il a donc les connaissances de base nécessaires pour participer au projet de recherche.

3.1.3.2 Le participant 2

Participant 2 est un garçon de 11 ans et 2 mois au moment de l'expérimentation. Il a reçu son diagnostic de TED non-spécifié en novembre 2010. C'est un enfant qui a de grands besoins sensoriels. Il a besoin de sauter très souvent. Cela lui permet de gérer son anxiété, face à la nouveauté, et son hypersensibilité sensorielle. Il est suivi en psychoéducation et en ergothérapie. Il a une grande volonté de créer des liens avec les adultes, afin de partager ses intérêts restreints. Il réussit difficilement à l'école. Cette année sera la première où il fréquentera l'école à temps plein. Il sera en 5^e année dans une classe ordinaire. Il a les connaissances de base nécessaires pour participer au projet de recherche.

3.2 Les ressources matérielles

Dans les prochains paragraphes, les ressources matérielles nécessaires à notre expérimentation seront détaillées. Il s'agit de l'environnement dans lequel celle-ci sera faite. L'autre élément matériel nécessaire consiste aux documents de travail contenant les tâches mathématiques élaborées pour l'ensemble des rencontres.

3.2.1 L'environnement de travail

Notre démarche de certification éthique exigeait que les participants vivent le moins d'agents anxiogènes que possible. C'est dans cette optique que le lieu d'expérimentation ainsi que l'horaire des rencontres ont été élaborés en collaboration avec les parents des participants. L'annonce de recrutement suggérait le domicile familial ou tout autre lieu connu et apprécié du participant.

3.2.2 Le matériel d'intervention

Le matériel d'intervention comprend plusieurs éléments au niveau de l'enseignement, de compilation des données et des interventions spécifiques au TSA. Chacun de ces éléments sera présentés et justifié.

3.2.2.1 Le matériel au niveau de l'enseignement

Un des deux éléments est une bande de pictogrammes ayant un titre manuscrit (voir appendice B). Cette bande a pour but de faciliter la résolution de la tâche en offrant un rappel visuel des étapes pour y arriver. Le deuxième élément est la feuille de tâche en elle-même. Peu importe l'étape d'enseignement ou la phase d'expérimentation, la construction de la feuille de tâche reste la même (voir appendice C). Ces éléments permettent une stabilité et une prévisibilité dans la tâche d'enseignement, dont l'importance a maintes fois été rappelée dans les chapitres précédents.

3.2.2.2 Le matériel pour la compilation des données

Afin de répondre à nos objectifs de recherche qui concernent les stratégies utilisées par les élèves présentant un TSA et les caractéristiques de la méthode SBI d'un point de vue orthopédagogique plusieurs sources de compilation de données seront utilisées. D'abord, les feuilles de réponses des élèves seront conservées. De plus, l'orthopédagogue aura en sa possession la même feuille afin de noter l'ordre dans laquelle le participant la remplissait. Ensuite, un ordinateur muni d'une caméra permettra de filmer les rencontres. Finalement, l'orthopédagogue possédera un journal de bord. Celui-ci sera structuré en fonction des différents éléments mis en place lors des interventions : le rappel, le modelage, la pratique guidée, la pratique autonome, les tâches mathématiques, le schéma et les pictogrammes; ainsi qu'une section de commentaires généraux. Ce journal est rempli après la rencontre par l'orthopédagogue pour permettre de noter tous autres éléments ou interprétations à vif par celle-ci.

3.3 Déroulement des rencontres

Le déroulement des rencontres se fait selon plusieurs critères. Premièrement, il s'agit de répondre à l'organisation de la méthode SBI. Deuxièmement, il s'agit de répondre à des obligations didactiques. Finalement, les besoins du participant et de sa famille doit être pris en compte et prioriser.

3.3.1 Déroulement global des rencontres

Dans le cadre de cette recherche, neuf (9) rencontres seront nécessaires. Ces rencontres seront de quarante (40) minutes chacune. Elles s'étaleront sur trois (3) semaines, à raison de trois (3) rencontres par semaine. Les sept (7) premières rencontres s'articulent autour des interventions SBI pour l'enseignement d'un premier sens de la multiplication avec un opérateur-scalaire. La première rencontre est différente des autres, car elle permet de faire un enseignement du schéma de la structure de multiplicative vue et l'implantation des pictogrammes des étapes de résolution des tâches mathématiques. Les deux (2) dernières rencontres permettront de faire un rappel global de toutes les sous-classes de calcul vues et permettront une rencontre supplémentaire si une des sous-classes nécessite plus de temps d'acquisition.

La fréquence des rencontres a été établie en fonction de la thèse de Rockwell (2011), des sous-classes de structure élaborées à partir des classes de Vergnaud (1981) et des variables didactiques de Brousseau (1988). Il y a six (6) classes, comme il est possible de le constater dans le tableau 3 à la page suivante. En plus de ces sous-classes, des tâches « pleines », sans données manquantes, seront fournies au départ afin de faire un enseignement explicite du schéma.

Les tâches mathématiques prennent en considération les variables didactiques. Les nombres utilisés en position $Q1$, $Q2$ et C sont tous des nombres naturels inférieurs à 20. Il y a une gradation du niveau de difficulté des données manquantes à trouver, avec

des tâches pleines pour débiter. Les tâches alternent les propositions *fois plus* et *fois moins*. En fait, l'alternance des opérations de multiplication et de division est nécessaire à l'élaboration de la structure multiplicative chez l'élève (Vergnaud, 1981; Vincent, 1992). Il nous semble que les tâches proposant la recherche de $Q2$ soient plus accessibles que celles proposant la recherche de $Q1$. La recherche de la donnée finale est une structure plus connue des élèves (Poirier, 2001). La recherche de C est l'élément le plus complexe, car elle exige une division (Vergnaud, 1981) et une compréhension de la fonction du nombre, soit opérateur ou coefficient dans le cas présent. L'opération de la multiplication est toujours proposée en premier, car elle est généralement plus accessible aux élèves (ibid.).

Tableau 3

Sous-classes des tâches mathématiques pour la structure multiplicative avec coefficient

Niveau de difficulté croissant (vers le bas)	Données manquantes (gras)	Exemple de tâches
	$Q1 \times C = \mathbf{Q2}$	Jean a 2 bonbons. Pierre a 2 fois plus de bonbons. Combien de bonbons a Pierre?
	$Q1 \div C = \mathbf{Q2}$	Jean a 4 bonbons. Pierre a 2 fois moins de bonbons. Combien de bonbons a Pierre?
	$\mathbf{Q1} \times C = Q2$	Jean a des bonbons. Pierre a 2 fois plus de bonbons. Pierre a 4 bonbons. Combien de bonbons a Jean?
	$\mathbf{Q1} \div C = Q2$	Jean a des bonbons. Pierre a 2 fois moins de bonbons. Pierre a 2 bonbons. Combien de bonbons a Jean?
	$Q1 \times \mathbf{C} = Q2$	Jean a 2 bonbons. Pierre a plus de bonbons que Jean. Pierre a 4 bonbons. Combien de fois plus de bonbons Pierre a par rapport à Jean?
	$Q1 \div \mathbf{C} = Q2$	Jean a 4 bonbons. Pierre a moins de bonbons que Jean. Pierre a 2 bonbons. Combien de fois moins de bonbons a Pierre par rapport à Jean?

L'ensemble des tâches précédentes ont été élaborées en incluant les variables didactiques inhérentes à cette structure. Deux éléments permettent de faire cette classification. Il s'agit de la fonction du nombre et de la relation suggérée dans les tâches mathématiques. D'une part, la fonction du nombre a déjà été nommée comme variable didactique potentielle. Un nombre représentant une quantité d'objets est plus accessible aux apprenants qu'un nombre ayant la fonction d'opérateur. Ceci étant, afin de répondre aux exigences de la méthode SBI et de l'enseignement explicite, les quatre premières

tâches impliquent une recherche de quantité. Les deux dernières impliquent la recherche de l'opérateur, soit un nombre de fois plus ou un nombre de fois moins. Cette gradation pourrait favoriser l'appropriation de ce sens de la structure multiplicative.

D'autre part, deux types de relation sont suggérés dans les tâches mathématiques choisies. Il s'agit de relation directe ou de relation indirecte. Dans la relation directe, l'opération permettant de résoudre la tâche est indiquée dans le problème. Il pourrait s'agir des deux premières tâches. Le *fois plus* est associé à une multiplication, alors que le *fois moins* est associé à une division. Dans les tâches suivantes, la relation est indirecte, le terme *fois plus* n'est pas relié à une multiplication. L'opération inverse est potentiellement plus efficace, car l'équation ne suggère pas de termes manquants.

Par exemple, la première tâche pourrait être résolue par « $2 \times 2 = 4$ », alors que la troisième tâche serait résolue par « $4 \div 2 = 2$ ». Les données de la tâche sont les mêmes, le terme *fois plus* est utilisé dans les deux exemples, mais l'opération est inversée. Les cinquième et sixième tâches seraient probablement résolues toutes deux par une division. L'utilisation de cette opération est aussi jugée plus complexe que l'opération de multiplication.

3.3.2 L'organisation spécifique des rencontres

Chacune des rencontres est organisée selon les 4 éléments de la méthode SBI, impliquant par le fait même l'enseignement explicite. Il s'agit du rappel, du modelage, de la pratique guidée et de la pratique autonome. L'ensemble de ces étapes ont été

exposées précédemment. Toutefois, la première rencontre ne comporte évidemment pas de rappel. Elle est composée uniquement de tâches pleines, c'est-à-dire de tâches ne comportant pas de donnée manquantes. Cette première rencontre permet de faire un enseignement du schéma qui sera utilisé. La dernière rencontre est elle aussi différente. Elle est composée uniquement de tâches de rappel de l'ensemble des tâches mathématiques qui ont été enseignées. Une série de tâches correspondant aux critères qui ont été détaillés ici se retrouve dans l'appendice D. Il s'agit de l'ensemble des tâches prévues selon l'étape d'enseignement et la donnée recherchée à ce moment-là.

3.4 Les paramètres

Notre recherche étant dans une perspective exploratoire d'une étude de cas, treize (13) paramètres avaient initialement retenus. Parmi ceux-ci quatre (4) ont été retenus pour répondre au premier objectif de recherche; soit les stratégies mises en place par les élèves présentant un TSA.

3.4.1 Les paramètres non retenus

L'ensemble des paramètres nommés ici n'ont pas eu d'impacts directs sur l'analyse des stratégies des participants. Ils n'avaient pas, dans ce contexte, de valeur explicative sur les stratégies mises en place. Les conduites de l'orthopédagogue, les perturbateurs internes ou externes, la chronologie des étapes d'enseignement et les conduites du participant n'ont pas été retenus.

3.4.2 Les paramètres retenus

L'ensemble des paramètres nommés ici ont permis de voir et d'organiser les différentes stratégies des deux participants. D'abord, les étapes d'enseignement, Rappel, Modelage, Pratique guidée et Pratique autonome, ont permis de faire un tri entre les étapes d'enseignement et les étapes d'apprentissage. Comme il a été mentionné dans un chapitre précédent, les étapes de Rappel et de Pratique autonome permettent un apprentissage chez l'apprenant. Il s'agit de ces étapes qui ont été conservés et qui fournissent un total de vingt-quatre (24) tâches à analyser. Ensuite, l'opération proposée dans la tâche mathématique, *fois plus* (\times) et *fois moins* (\div) a aussi été retenue. La donnée qui était recherchée, soit $Q1$, $Q2$ et C ont aussi permis une analyse des stratégies des participants.

Analyses des résultats et discussion

Dans le présent chapitre, nous commencerons par rappeler brièvement nos objectifs de recherche. Nous avons deux objectifs de recherche. Le premier objectif était de dégager les stratégies mises en place par les élèves présentant un TSA lors de la réalisation de tâches mathématiques concernant un premier sens de la multiplication, sens présenté à l'aide de la méthode SBI. Le deuxième objectif était de cerner les avantages et les inconvénients de cette intervention pour les orthopédagogues.

4.2 Le codage des paramètres retenus

Dans la présente section, le cadre utilisé pour codifier les différents paramètres retenus sera expliqué en fonction de chacun. Il s'agit de présenter l'ensemble des possibilités selon notre cadre de référence.

4.2.1 Stratégies des participants

Les conduites des participants ont été organisées selon trois niveaux de paramètres. Ces paramètres peuvent être combinés afin de représenter les conduites des participants.

Absence de stratégies

Suite à l'expérimentation, nous avons été confrontées à des tâches qui étaient réalisées très rapidement. Le participant était en mesure de mettre toutes les données dans le schéma sans faire de calculs écrits ou oraux. Nous étions dans l'impossibilité de

coder la stratégie selon des critères didactiques. Ces stratégies sont donc codées comme *I* pour immédiate.

Types de représentation

Les stratégies des participants pouvaient être organisées en deux catégories : représentation (R) et numérique (N). La catégorie représentation (R) est l'utilisation d'une figuration ou d'un dessin des données pour résoudre la tâche mathématique. Par exemple, l'opération $2 \times 4 = 8$ serait résolue par un dessin de 2 paquets de 4. La catégorie numérique (N) serait l'utilisation de nombre pour résoudre la tâche mathématique. Dans l'exemple précédent, le participant pourrait résoudre la tâche en écrivant $2 + 2 + 2 + 2 = 8$.

Conceptualisation de la tâche

Les deux stratégies précédentes peuvent être subdivisées en deux conceptualisations différentes : multiplicative (M) et additive (A). Si le participant conceptualise la tâche mathématique de manière multiplicative (M), il est en mesure d'organiser les données en groupement. Plus concrètement, il serait possible de le voir compter par bonds ou par paquets. Si le participant conceptualise la tâche de manière additive (A), il compte chaque item individuellement. Si nous prenons l'exemple du paragraphe précédent, $2 \times 4 = 8$, l'élève pourrait faire un dessin de deux paquets de quatre et compter l'ensemble des unités qui sont représentées.

Les tâches étant présentées sous forme *fois plus* ou *fois moins* et le schéma suggérant une opération. Il nous semble important de coder les tâches réalisées avec une

opération inverse. Par exemple, le participant peut résoudre la tâche : Jean a 6 bonbons. Pierre a 2 fois moins de bonbons. Combien de bonbons a Pierre? en effectuant la multiplication (3×2) plutôt que la division ($6 \div 2$). Cette inversion est codée *I* après le code pour la conceptualisation.

Opérateur et quantité

Les données dans les tâches mathématiques ont deux sens possibles, opérateur ou quantité. Le participant peut utiliser la quantité pour trouver le nombre d'éléments par paquets. Il s'agit d'une utilisation adéquate de la fonction de ce nombre. Cette stratégie sera notée *Q* pour quantité. Si le participant utilise l'opérateur comme quantité d'item pour résoudre la tâche, cette stratégie est notée *O*, pour opérateur.

4.3 Résultats

Dans la présente section, les résultats des deux participants seront montrés. Ces résultats seront en deux volets, soit le volet d'apprentissage et le volet suivant l'expérience. De plus, les volets seront présentés selon les différents paramètres retenus, puis selon les participants. Il sera alors possible de faire une comparaison entre les participants. Il en sera de même pour le volet suivant l'expérience.

Le choix de comparé les stratégies des deux participants permet de voir la pertinence de la méthode SBI. Il permet aussi de mieux comprendre les différences inter-individus qui ont été expliqués précédemment. Le fait de dresser un portrait global des élèves présentant un TSA est très difficile. La différence entre les résultats obtenus dans

cette recherche et les résultats scolaires des participants témoignent de la variabilité possible chez ces élèves. Par ailleurs, l'ensemble des tâches mathématiques ayant été réussies une comparaison sur les stratégies mises en place nous semblait la manière la plus concrète de répondre aux deux objectifs de notre recherche.

4.3.1 Résultats lors de l'apprentissage

Dans le tableau 4, il est possible de constater que l'absence de stratégies visibles, *I*, pour l'orthopédagogue a été majoritaire pour les deux participants. Cette majorité peut être constatée au niveau de l'opération présentée. Lors de la recherche de *Q1*, il est possible de dire que la stratégie immédiate est aussi majoritaire. La recherche de *Q2* amène des stratégies plus diversifiées; tout comme la recherche de *C*.

Tableau 4:

Stratégies utilisées par les participants lors des étapes de Rappel et de Pratique autonome

Opération	Donnée recherchée	Stratégies utilisées							
		Participant 1			Participant 2				
		<i>I</i>	<i>N(MQ)</i>	<i>R(MQ)</i>	<i>I</i>	<i>N(MIQ)</i>	<i>R(AQ)</i>	<i>R(AO)</i>	<i>R(MIQ)</i>
<i>Fois plus</i> <i>X</i>	<i>Q1</i>	2	1	1	4	-	-	-	-
	<i>Q2</i>	4	-	-	3	-	1	-	-
	<i>C</i>	2	2	-	4	-	-	-	-
Sous-total		8	3	1	12	-	1		
<i>Fois moins</i> <i>÷</i>	<i>Q1</i>	4	-	-	2	-	-	1	1
	<i>Q2</i>	3	-	1	1	-	3	-	-
	<i>C</i>	2	2	-	1	2	1	-	-
Sous-total		9	2	1	4	2	4	1	1
Total		17	5	2	15	2	5	1	1

Légende :			
- : Donnée valant 0	$N(MQ)$: stratégie numérique multiplicative avec la quantité	$R(MQ)$: stratégie représentative multiplicative avec la quantité	$N(MIQ)$: stratégie numérique multiplicative avec inversion de l'opération et la quantité
I : stratégie immédiate	$R(MIQ)$: stratégie représentative multiplicative avec inversion de l'opération et la quantité	$R(AO)$: stratégie additive avec l'opérateur	$R(AQ)$: stratégie représentative additive avec la quantité

4.3.1.1 Stratégies du participant 1

En regardant le tableau précédent, il est possible de constater que le participant 1 a mis en place trois types de stratégies : immédiate, numériques multiplicatives et représentatives multiplicatives. Les stratégies immédiates ont été majoritaires ou équivalentes autres stratégies selon l'ensemble des paramètres. Dans les deux derniers cas, les stratégies avaient une conceptualisation multiplicative. Le participant 1 n'a pas fait d'inversion de l'opération proposée dans la tâche mathématique. Une stratégie numérique impliquant une structure multiplicative a été utilisée cinq (5) fois avec les deux opérations et pour la recherche de Q1 et C. La recherche de Q2 a nécessité une stratégie représentative à deux (2) reprises, soit lors de la recherche de *Q1 en fois plus* et lors de la recherche de *Q2 en fois moins*.

4.3.1.2 Stratégies du participant 2

Le participant 2 a utilisé une plus vaste variété de stratégies. Il utilise plus de stratégies différentes lors des tâches fois moins (fois moins : 8, fois plus : 1). La stratégie utilisée dans les tâches fois plus est une stratégie de représentation avec une conceptualisation additive. Il a utilisé les opérations inverses à trois (3) reprises, mais seulement lors de tâches suggérant une division, fois moins. Sa conception de l'opérateur est erronée à une reprise lors de la recherche de Q1 dans une tâche fois moins. Les stratégies représentatives sont utilisées majoritairement lors de tâche fois moins. L'utilisation d'une stratégie représentative en *fois plus* n'arrive qu'à une seule reprise lors de la recherche de Q2.

4.3.1.3 Comparaison

Les deux participants n'ont pas utilisé les mêmes stratégies pour résoudre les tâches. Toutefois, ils ont été en mesure de résoudre toutes les tâches proposées. Il est possible de penser que le participant 2 possède un niveau d'abstraction ou des habiletés de calcul moindre que le participant 1; étant donné l'utilisation de stratégies de représentations additives. Il est possible de supposer que la compréhension de la fonction du nombre chez le participant 1 est plus complète que chez le participant 2. En fait, le participant ne fait aucune inversion de quantité contrairement au participant 2.

4.3.2 Stratégies des participants suite à l'expérimentation

Tout d'abord, comme il est possible de le constater dans le tableau 5, le nombre de stratégies a grandement diminué. De plus, toutes les tâches ont été réussies par les

participants. À l'exception de la dernière tâche pour le participant 2, car le parent présent à demander l'arrêt de l'expérimentation. Il est possible de constater que les stratégies immédiates ne sont plus majoritaires. Tout comme il n'y a plus d'inversion dans l'utilisation de la fonction des nombres.

4.3.2.1 Stratégies du participant 1

Le participant 1 utilise maintenant seulement des stratégies numériques ou immédiates. Les stratégies numériques dépassent en nombre les stratégies immédiates. Cette constatation est possible pour les opérations *fois plus* et *fois moins* ou pour la donnée recherchée. Il est possible de constater qu'il n'y a pas d'inversion au niveau de l'opération proposée ou au niveau de la fonction des nombres.

4.3.2.2 Stratégies du participant 2

Le participant 2 utilise moins de stratégies que lors de la période d'apprentissage. Les stratégies immédiates sont minoritaires par rapport aux autres. Aucune stratégie ne suppose une confusion au niveau de la fonction du nombre. Les stratégies de représentation ont été mise en place lorsqu'il était possible de résoudre la tâche par une division : recherche de *Q1* en *fois plus* et recherche de *Q2* en *fois moins*.

Tableau 5*Stratégies utilisées par les participants suite à l'expérimentation*

Opération	Donnée recherchée	Stratégies utilisées					
		Participant 1		Participant 2			
		<i>I</i>	<i>N(MQ)</i>	<i>I</i>	<i>N(MIQ)</i>	<i>R(AQ)</i>	<i>NF</i>
<i>Fois plus</i> <i>X</i>	<i>Q1</i>	1	1	1	-	1	-
	<i>Q2</i>	1	1	1	1	-	-
	<i>C</i>	-	2	2	-	-	-
Sous-total		2	4	4	1	1	-
<i>Fois moins</i> <i>÷</i>	<i>Q1</i>	-	2	1	1	-	-
	<i>Q2</i>	2	-	-	-	2	-
	<i>C</i>	1	1	-	1	-	1
		3	3	1	2	2	1
Total		5	7	5	3	3	1

Légende :

- : Donnée valant 0	<i>N(MQ)</i> : stratégie numérique multiplicative avec la quantité	<i>R(AQ)</i> : stratégie représentative additive avec la quantité	<i>N(MIQ)</i> : stratégie numérique multiplicative avec inversion de l'opération et la quantité
<i>I</i> : stratégie immédiate	<i>NF</i> : non-fait		

4.3.2.3 Comparaison entre les participants

Les deux participants ont évolués dans leur apprentissage d'un premier sens de la multiplication. Bien que toutes les tâches, à l'exception d'une pour le participant 2, aient été réussies, les stratégies des participants ont changé. Le participant 1 utilise encore

majoritairement des stratégies numériques par rapport au participant 2. De plus, les stratégies immédiates sont en même proportion pour les deux participants.

4.4 Discussion

Dans la présente section, nous rappellerons d'abord les objectifs de notre recherche. Par la suite, nous tenterons d'apporter des pistes de réflexion concernant les résultats obtenus. Ces pistes touchent l'évolution de stratégies des participants, les conduites de ceux-ci ainsi les variables didactiques en lien avec le TSA. Pour répondre au deuxième objectif, les avantages et les inconvénients de la méthode SBI seront abordés d'un point de vue orthodidactique.

4.4.1 Les stratégies des participants

D'une part, toutes les tâches ont été réussies par les participants. Cette situation nous permet de supposer que la schématisation du concept mathématique d'un premier sens de la multiplication utilisée a permis aux participants de résoudre les tâches proposées.

D'autre part, les changements constatés dans les stratégies chez les deux participants, entre la période d'apprentissage et les tâches suivant l'expérience, nous poussent à croire que certains apprentissages ont été possibles. Nous supposons que le participant 1 a acquis de meilleures stratégies numériques. Elles étaient les seules à être utilisées dans les tâches suivant l'expérimentation. Elles surpassaient même les stratégies immédiates. En ce qui concerne le participant 2, il est possible qu'il ait fait un

apprentissage au niveau de la fonction des nombres. En fait, lors des tâches suivant l'expérimentation, il n'a fait aucune inversion entre l'opérateur et les quantités. Nous croyons que ces changements sont dus en partie à la méthode SBI. Celle-ci permet de faire l'enseignement d'un concept mathématique grâce à une schématisation de ce dernier. Le langage oral est alors mis en langage mathématique schématique. C'est cette voie de communication qui a permis des apprentissages chez nos deux participants.

4.4.2 Les conduites de l'orthopédagogue et les variables didactiques

Les interventions orthopédagogiques, qui n'ont pas été retenues pour analyser les stratégies des participants, s'avèrent très intéressantes pour analyser les forces de la méthode SBI et l'impact du TSA sur l'apprentissage des participants.

Initialement, nous avons choisi des nombres naturels inférieurs à 20. Suite à des perturbateurs internes rencontrés avec le participant 1 nous avons changé ces nombres. Le participant 1 nous a fait la remarque que les tâches proposées étaient trop simples. En changeant les données, les perturbateurs internes ont cessé. Nous pouvons supposer que ce que nous avons catégorisé comme une variable mathématique était, en fait, une variable affective. Il aurait été possible de confondre les comportements du participant avec une incompréhension du concept enseigné. Il en allait d'une situation similaire pour le participant 2. À plusieurs reprises, des renforçateurs alimentaires ont été nécessaires afin de terminer les rencontres. Il s'agissait d'une stratégie mise en place par le parent du

participant, afin de favoriser le niveau de motivation du participant. Les conduites des deux participants, ayant réussi toutes les tâches, nous poussent à croire que des interventions au niveau du TSA étaient nécessaires à l'aboutissement de l'enseignement. Les résultats montrent aussi que les participants ont fait un apprentissage.

4.4.3 Les avantages et les inconvénients de la méthode

La méthode SBI offre des avantages au niveau de la structure d'enseignement. Cette structure répond efficacement aux besoins des élèves présentant un TSA, en offrant un enseignement visuel, concret et prévisible. Ceci est aussi un avantage pour l'orthopédagogue qui a un cadre d'enseignement ou d'intervention établi. En fait, il est possible de penser que la méthode SBI offre un contenant adéquat à l'enseignement et l'apprentissage chez des élèves présentant un TSA.

Ce contenant est adéquat dans la mesure où une analyse conceptuelle complète et détaillée est faite de l'objet à enseigner. Sans cette analyse conceptuelle, il est impossible de concevoir un schéma représentant le concept dans toute sa complexité et qui ne se confond pas avec d'autres concepts. Le schéma doit être assez spécifique pour démontrer le sens de l'opération, mais assez général pour représenter un ensemble de situations.

Conclusion

Dans le présent chapitre, nous rappellerons d'abord les grandes lignes de notre recherche. Par la suite, nous discuterons des retombées de celle-ci, de ses limites inhérentes et aux perspectives futures.

Dans cet essai, nous avons élaboré une problématique entourant l'apprentissage d'un premier sens de la multiplication auprès d'élèves présentant un TSA au primaire. Cette situation amène une multitude de défis pour l'orthopédagogue. Tout d'abord, le passage de la structure additive à la structure multiplicative est complexe (Vergnaud, 1981). Il nécessite une réorganisation des schèmes et une conceptualisation différente de la fonction du nombre, en tant qu'opérateur-scalaire, par exemple. Ensuite, l'élève présentant un TSA se distingue des autres élèves ayant des difficultés d'apprentissage en mathématique. Les critères diagnostics et le nombre grandissant d'élèves présentant ce trouble montrent leur caractère singulier. Afin de combiner ces éléments, nous avons suggéré la méthode SBI qui permet une schématisation des concepts et une structure d'enseignement. L'ensemble de ces éléments nous a amenées à nous questionner sur les stratégies mises en place par les élèves présentant un TSA dans ce contexte d'apprentissage.

Pour poursuivre, ces différents éléments ont pu être définis. Le premier sens de la structure multiplicative correspond à un moment pivot dans l'apprentissage des mathématiques. Cette structure se définit par des relations de *fois plus* ou *fois moins*. Les

élèves présentant un TSA se définissent en partie par des difficultés permanentes au niveau des communications et des intérêts restreints. Il est généralement accepté que ces élèves apprennent par des méthodes prévisibles, visuelles et concrètes. Toujours d'un point de vu orthopédagogique, il nous a été possible de concevoir deux objectifs de recherche, soit de dégager les stratégies des élèves présentant un TSA et les avantages et les inconvénients de cette méthodes pour l'orthopédagogue.

Afin de répondre à ces objectifs, nous avons établi une structure d'enseignement découlant de la méthode SBI, mais pour un premier sens de la multiplication. Il a alors été possible de déterminer une séquence d'enseignement du plus simple au plus complexe, en se basant sur le cadre de référence, et des outils permettant de consigner les données recueillies. L'orthopédagogue devait mettre en place une structure d'enseignement répondant aux caractéristiques de l'enseignement explicite : l'activation, l'expérience d'enseignement, incluant le modelage, la pratique guidée et la pratique autonome, puis le rappel. Cette séquence devait aussi respectée une gradation du plus simple au plus complexe. Cette analyse a été faite en fonction du champ conceptuel de la structure multiplicative impliquant un opérateur scalaire et des variables didactiques. Il s'agissait de graduer selon la fonction de la donnée recherchée, soit une quantité, soit un opérateur; et selon le type de relation présenté directe et indirecte. L'opération était aussi prise en compte, la multiplication venant avant la division.

Finalement, les résultats ont été analysés et discutés. Ceux-ci ont permis de voir un apprentissage chez les deux participants. Ces apprentissages pourraient s'expliquer en partie par la méthode SBI et des interventions de l'orthopédagogue en lien avec le TSA. La combinaison des deux aspects permet de voir que les élèves ont un potentiel d'apprentissage et de réussite non-négligeable.

5.1 Les retombés

Cette recherche amène des retombés au niveau des connaissances sur l'apprentissage d'un premier sens de la multiplication chez les élèves présentant un TSA au primaire. Il est possible de croire que d'autres élèves sont en mesure de faire des apprentissages similaires si le contexte d'enseignement est adéquat. De plus, il a été possible de faire une distinction entre ce que nous avons établi comme variables didactiques et qui étaient en fait une variable affective pour l'élève présentant un TSA.

Ces éléments doivent être pris en compte lors de l'évaluation ou de l'enseignement auprès de cette catégorie d'élèves. Il est possible aussi de penser que d'autres élèves ayant des difficultés au niveau langagier ou de la communication peuvent éprouver des difficultés similaires ou avoir des besoins semblables à ceux exprimés par les participants de cette recherche.

5.2 Les limites

Cette expérimentation a aussi des limites qui doivent être nommées. D'une part, un seul sens de la structure multiplicative, et ce, dans un seul contexte a été utilisé. Aucune activité de transfert n'a été proposée aux participants. Le contexte des tâches mathématiques étaient choisis par le participant, ce qui peut avoir favorisé la motivation, mais aussi limité l'apprentissage à ce contexte.

D'autre part, le nombre de participant était limité. Il aurait été plus intéressant de voir les stratégies d'élèves présentant un TSA d'âges différents ou dans des contextes scolaires plus élargies.

5.3 Les perspectives futures

Pour faire suite aux limites de cette expérience, il serait intéressant de valider les résultats de la présente recherche auprès d'un plus grand nombre d'élèves. Il pourrait s'agir d'élèves du primaire, du secondaire ou de classes d'adaptation scolaire. Il serait possible de dégager les stratégies des élèves présentant un TSA dans ces contextes. Il serait aussi pertinent de comparer les stratégies des élèves neurotypiques par rapport à celles des élèves présentant un TSA.

Il pourrait être intéressant de voir les applications de la méthode SBI auprès de d'autres clientèles comme les élèves dysphasiques ou les élèves ayant de grandes

difficultés d'apprentissage ou même pour des élèves en francisation. Dans un même ordre d'idées, il serait pertinent de vérifier la mise en place de la méthode SBI à d'autres sens d'opérations.

Finalement, il serait pertinent de vérifier si les méthodes d'apprentissage ont une durée de vie, c'est-à-dire si elles continuent d'être efficaces dans le temps, ou si au contraire, elles finissent par ne plus avoir l'impact recherché chez l'apprenant.

Références

Allard, M. (2016). *Les pratiques de collaboration entre l'enseignant et l'orthopédagogue dans un contexte d'implantation du modèle de Réponse à l'intervention* (Mémoire, Université de Sherbrooke, Sherbrooke). Repéré à http://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/8901/Allard_Magali_MEd_2016.pdf?sequence=4&isAllowed=y

American Psychiatric Association. (2013). *Manuel diagnostic et statistique des troubles mentaux DSM-5* (5e éd.). Arlington, VA : American Psychiatric Publishing.

Association des orthopédagogue du Québec. (26 octobre 2016). *Qu'est-ce qu'un orthopédagogue?* Repéré à <https://www.ladoq.ca/orthopedagogue>

Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Burtenshaw, A. et Hobson, E. (2007). Mathematical Talent is linked to Autism. *Human Nature*, 18 (2), 125-131.

Bauminger-Zviely, N. et Kimhi, Y. (2013). Intervention to Facilitate Cognitive and Academic Functioning, *Social and Academic Abilities in Children with High-Functioning Autism Spectrum Disorders* (pp.187-214). New York, NY : Guilford Press.

Bessot, A. (2003). Une introduction à la théorie des situations didactiques. Master inédit, Université de Grenoble. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00078794/document>

Bottge, B. A. (2010). Math Instruction for Children with Special Needs. *Education of Children with Special Needs*, 767-773.

Bouck, E.C., Satsangi, R., Doughty, T.T. et Courtney, W. T. (2014). Virtual and Concrete Manipulatives: A Comparison of Approaches for Solving Mathematics Problems for Students with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44, 180-193

Brickwedde, J. (2011). *Transitioning From Additive to Multiplicative Thinking : A Design and Teaching Experiment With Third Through Fifth Graders* (Thèse de doctorat inédite). University of Minnesota, Minneapolis, MN.

- Brodeur, M., Poirier, L., Laplante, L., Boudreau, C., Makdissi, H., Blouin, P., Boutin, J.-F., Côté, C., Doucet, M., Legault, L. et Moreau, A. C. (2015). *Référentiel de compétences pour une maîtrise professionnelle en orthopédagogie*. Comité interuniversitaire sur les orientations et les compétences pour une maîtrise professionnelle en orthopédagogie.
- Brousseau, G. (1988). Représentation et didactique du sens de la division. Dans G. Vergnaud, G. Brousseau et M. Hulin Greco (Éds). *Didactique et acquisition des connaissances scientifiques : Actes du Colloque de Sèvres* (pp. 47-64). Sèvre, France : La pensée sauvage édition.
- Browder, D.M., Spooner, F., Ahlgrim-Dezell, L., Harris, A.A. et Wakeman, S. (2008). A Meta-Analysis on Teaching Mathematics to Students With Significant Cognitive Disabilities. *Council for Exceptional Children*, 74(4), 407-432.
- Brown, H. M., Oram-Cardy, J. et Johnson, A. (2013). A Meta-Analysis of the Reading Comprehension Skills of Individuals on the Autism Spectrum. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43 (4), 932-955.
- Burton, C.E., Anderson, D.H., Prater, M.A. et Dyches, T.T. (2013). Video Self-Modeling on an iPad to Teach Functional Math Skills to Adolescent With Autism and Intellectual Disability. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 28 (2), 67-77.
- Cappe, É., Smock, N. et Boujut, É. (2015). Scolarisation des enfants ayant un trouble du spectre de l'autisme et expérience des enseignants : sentiment d'auto-efficacité, stress perçu et soutien social perçu. *Évolution psychiatrique*, 81(1), 2874-2889.
- Cihak, D.F. et Foust, J.L. (2008). Comparing Number Lines and Touch Points to Teach Addition Facts to Students With Autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 23, 131-137.
- Collège des médecins du Québec et Ordre des psychologues du Québec (2012). *Les troubles du spectre de l'autisme, l'évaluation clinique : Lignes directrices*. Document consulté du : <http://www.autisme.qc.ca/assets/files/02-autisme-tsa/Diagnostic-Depistage/Lignes-autisme-2012.pdf>
- Cour d'appel du Québec. (2006). *Commission scolaire des Phares c. Commission des droits de la personne et des droits de la jeunesse* (2006 QCCA 82). Repéré à

<http://citoyens.soquij.qc.ca/php/decision.php?ID=B5FA004E283689DB2F111C10C46F10EB&page=1>

- Dawson, M., Soulières, I., Gernsbacher, M. A. et Mottron, L. (2007). The Level and Nature of Autistic Intelligence. *Psychological Science*, 18 (8), 657-662.
- Dehart, G. B., Sroufe, L. A. et Cooper, R. G. (2004). *Child Development : Its Nature and Course*. New York, NY : McGraw-Hill.
- Donaldson, J.B. et Zager, D. (2010). Mathematics Interventions for Students With High Functioning Autism/Asperger's Syndrome. *Teaching Exceptional Children*, 42 (6), 40-46.
- Fédération Québécoise de l'Autisme. (Avril, 2016). Le taux de prévalence. Repéré à www.autisme.qc.ca/tsa/recherche/le-taux-de-prevalence.html
- Fédération Québécoise de l'Autisme. (s.d.). L'évaluation diagnostique. Repéré à <http://www.autisme.qc.ca/tsa/depistage-diagnostic/evaluation-diagnostique.html>
- Fontaine, V. (2008). Les représentations sociales des orthopédagogues du Québec en rapport avec l'intervention en mathématiques auprès des élèves à risque (Thèse de doctorat inédite). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Qc.
- Fortin, M-F. (2010). *Fondements et étapes du processus de recherche* (2^e éd.). Montréal, Qc : Chenelière Éducation
- Giroux, J. (2014). Les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques : historique et perspectives théoriques. Dans C. Mary, H. Sqalli, L. Theis et L. Deblois (dir.), *Recherches sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques : Regard didactique* (1^{re} éd., pp. 11- 44). Montréal, Qc : Les Presses de l'Université du Québec.
- Griswold, D. E., Barnhill, G. P., Smith Myles, B., Hagiwara, T. et Simpson, R. (2002). Asperger Syndrome and Academic Achievement. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 17 (2), 94-102.
- Hill, J. (2012). *An Analysis of Schema-Based Instruction as an Effective Math Intervention for Middle School Students Diagnosed with Emotional Behavioral Disorders of Identified as At-Risk in Texas* (Thèse de doctorat inédite). Texas Tech University, Lubbock, TX.

- Hughes-Lynch, C. E. (2012). *Teaching Children With High-Functioning Autism*. Waco, TX : Prufrock Press inc.
- James, I. (2010). Autism and Mathematical Talent. *The Mathematical Intelligencer*, 56-58.
- Jitendra, A. K., Dupuis, D. N., Rodriguez, M. C., Zaslofsky, A. F., Slater, S., Cozine-Corroy, K. et Church, C. (2013). A Randomized Controlled Trial of the Impact of Schema-Based Instruction for third-grade students with mathematics difficulties. *The Elementary School Journal*, 114 (2), 252-276.
- Jitendra, A. K. et Hoff, K. (1996). The effects of schema-based instruction on mathematical word-problem-solving performance of students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 29 (4), 422-431.
- Jitendra, A. K. et Star, J. R. (2011). Meeting the Needs of Student With Learning Disabilities in Inclusive Mathematics Classrooms : The Role of Schema-Based Instruction on Mathematical Problem-Solving, *Theory into Practice*, 50 (1), 12-19.
- Jitendra, A. K., Star, J. R., Rodriguez, M., Lindell, M. et Someki, F. (2011). Improving Students' Proportional Thinking Using Schema-Based Instruction. *Learning and Instruction* 21 (6), 731-745.
- Jitendra, A. K., Star, J. R., Starosta, K., Leh, J. M., Sood, S., Caskie, G., Hughes, C. L. et Mack, T. R. (2009). Improving seventh grade students' learning of ratio and proportion : The role of schema-based instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 34, 250-264.
- Karsenti, T. et Savoie-Zajc, L. (2011). *La recherche en éducation* (3^e éd.). Montréal, Qc : Éditions du Renouveau Pédagogique inc.
- Kring, A. M., Davison, G. C., Neale, J. M. et Johnson, S. L. (2007). *Abnormal Psychology* (10^e éd.). Phoenix, AZ : Wiley.
- Lemieux, R. (31 mars 2015). Place à la neurodiversité! *Québec Science*. Repéré à http://www.quebecscience.qc.ca/Raymond_Lemieux/Place-a-la-neurodiversite
- Loi de l'instruction publique, I-13.3, r.8, Q, 2016, c.1, section 2
- Ministère de l'Éducation du Québec. (2006). *Programme de formation à l'école québécoise* (version approuvée). Repéré à : <http://www1.education.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/pdf/prform2001.pdf>

- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2007). L'organisation des services éducatifs aux élèves à risque et aux élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage (EHDAA). Repéré à http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/adaptation_serv_compl/19-7065.pdf
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2009). *Progression des apprentissages : mathématiques*. Repéré à : http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/formation_jeunes/math_sectionCom.pdf
- Noiseux, M. (2011). *Portrait épidémiologique des troubles envahissants du développement chez les enfants de la Montérégie*. Présentation UQÀM, 3 novembre 2011, Direction de la santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie, Longueuil.
- Noiseux, M. (2015). *Trouble du spectre de l'autisme et autres handicaps : Surveillance de l'état de santé de la population*. Repéré sur le site du Centre intégré de santé et de services sociaux de la Montérégie-Centre-du-Québec: <http://www.autisme.qc.ca/assets/files/02-autisme-sa/Autisme%20en%20chiffre/Portf-TSA.pdf>
- Office des professions du Québec. (2014). *La situation des orthopédagogues au Québec : Groupe de travail sur le rôle des orthopédagogues dans l'évaluation des troubles d'apprentissage*. Repéré à https://www.opq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/Systeme_professionnel/PL_21/2014_Rapport_orthopedagogues.pdf
- Oliveira, I. (2008). *Exploration de pratiques d'enseignement de la proportionnalité au secondaire en lien avec l'activité mathématique induite chez les élèves dans des problèmes de proportion* (Doctorat en éducation, Université du Québec à Montréal, Montréal). Repéré à <http://www.archipel.uqam.ca/1022/1/D1643.pdf>
- Olivier, C-É et coll. Sarrazin, L. (2015, septembre). Les élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage dans les écoles du réseau d'enseignement public au Québec. *Passerelle*, 7, 1 – 4p.
- Pennington, R.C. (2010). Computer-Assisted Instruction for Teaching Academic Skills to Students With Autism Spectrum Disorders : A Review of Literature. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 25 (4), 239-248.

- Pennington, R. C., Stenhoff, D. M., Gibson, J. et Ballou, K. (2012). Using Simultaneous Prompting to Teach Computer-based Story Writing to a Student with Autism. *Education & Treatment of Children*, 35 (3), 389-406.
- Poirier, L. (2001). *Enseigner les maths au primaire*. Montréal, Qc : Éditions du Renouveau Pédagogique inc.
- Poirier, N. (2011, Mars). *Les caractéristiques et le fonctionnement des personnes autistes*. Communication présentée au trente-sixième Congrès de l'Association québécoises des troubles d'apprentissage, Montréal, Canada.
- Robert, M. (1988). *Fondements et étapes de la recherche scientifique en psychologie* (3^e éd.). St-Hyacinthe, Qc : Edisem.
- Robillard, M. (1995). Les stratégies de lecture et la résolution de problèmes mathématiques. *Québec français*, 96, 38-41.
- Rockwell, S. B. (2011). *Teaching students with autism to solve additive word problems using schema-based strategy instruction* (Thèse de doctorat inédite). University of Florida, Gainesville, FL.
- Root, J. (2016). Effets of modified schema-based instruction on real-word algebra problem solving of students with autism spectrum disorder and moderate intellectual disability. Thèse de doctorat inédite, Université de Caroline du Nord. Repéré à <http://search.proquest.com/docview/1794167621/>
- Saunders, A. F. (2014). Effects of schema-based instruction delivered through computer-based video instruction on mathematical word problem solving of students with autism spectrum disorder and moderate intellectual disability. Thèse de doctorat inédite, Université de Caroline du Nord. Repéré à <http://search.proquest.com/docview/1615426003/>
- SDC FUN. (19 octobre 2015). TouchMath (Image). Repéré à <https://sdcfun.com/2015/10/19/math-touch-math/>
- Schaefer Whitby, P.J. (2012). The Effects of *Solve it!* On the Mathematical Word Problem Solving Ability of Adolescents With Autism Spectrum Disorders. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 28 (2), 78-88.
- Sousa, D. A. (2006). *Un cerveau pour apprendre... différemment*. Montréal, Qc : Chenelière Éducation.

- Steffe, L. P. (1994). Children's Multiplying Schemes. Dans G. Harel et J. Confrey (Éds), *The Development of Multiplicative Reasoning in the Learning of Mathematics* (1ère éd., pp. 3-39). Albany, NY : State University of New York Press.
- Université du Utah. (2016). National Library of Virtual Manipulatives. Repéré à <http://nlvm.usu.edu/>
- Williams, D.L., Goldstein, G., Kojkowski, N. et Minshew, N. J. (2008). Do individuals with high functioning autism have the IQ profile associated with nonverbal learning disability? *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2, 353-361.
- Van de Walle, J. A. et Lovin, L.H. (2008). *L'enseignement des mathématiques : L'élève au centre de son apprentissage*. Montréal, Qc : Éditions du Renouveau Pédagogique inc.
- Van Nieuwenhoven, C. et De Vriendt, S. (2012). *L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques : Pistes de diagnostic et supports d'intervention*. Bruxelles, Belgique : De Boeck Solal.
- Vergnaud, G. (1981). *L'enfant, la mathématique et la réalité*. Berne, Francfort :Peter Lang.
- Vergnaud, G. (1994). Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. Dans M. Artigue, R. Gras, C. Laborde et P. Tavnnot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France* (1ère éd, pp. 177-191).
- Vergnaud, G. (2013). Pourquoi la théorie des champs conceptuels? *Journal for the Study of Education and Development*, 36 (2), 131-161.
- Vincent, S. (1992). *Allez et multipliez...* . Montréal, Qc : Éditions Bande Didactique.
- Waters, H. E et Boon, R.T. (2011). Teaching Money Computation Skills to High School Students with Mild Intellectual Disabilities via the *TouchMath*© Program : A Multi-Sensory Approach. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 46 (4), 544-555.
- Zager, D., Wehmeyer, M. L. et Simpson, R.L. (2012). *Educating Students with Autism Spectrum Disorders*. New York, NY : Routledge.

Appendice A

Message destiné aux familles de participant via Facebook

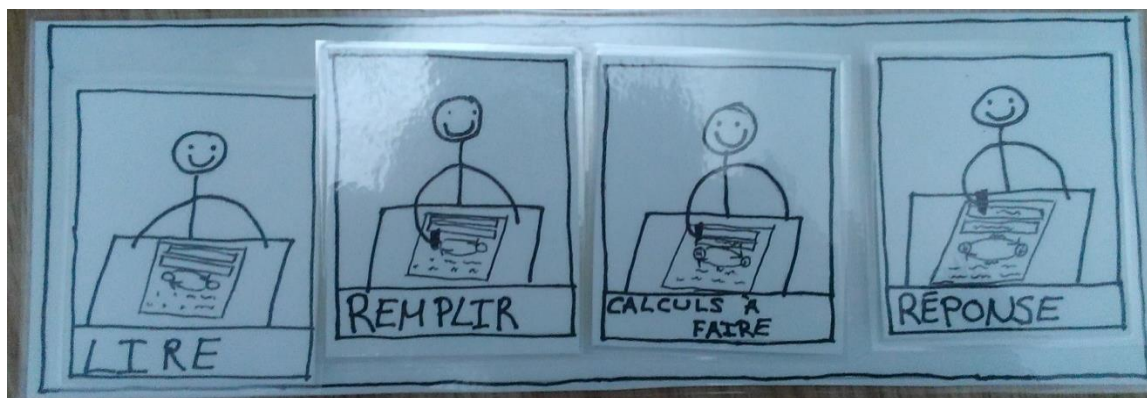
Bonjour à tous!

Je suis étudiante à la maîtrise en orthopédagogie de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Dans le cadre de mon projet de maîtrise, je souhaite explorer une stratégie d'enseignement des problèmes de multiplication et de division avec un élève présentant un trouble du spectre de l'autisme. Il s'agit d'une amorce de ces opérations, soit des premiers apprentissages reliés à ce concept. L'élève peut être en classe ordinaire ou en classe d'adaptation scolaire. Il doit être en mesure de suivre des consignes orales et écrites simples. Il s'agit de séance de 40 minutes à raison de 3 rencontres par semaine pendant 3 semaines. Les rencontres ont lieu dans l'endroit qui vous convient le mieux, selon un horaire que nous pourrons déterminer.

Pour toutes autres informations, n'hésitez pas à m'envoyer un message privé.

Appendice B

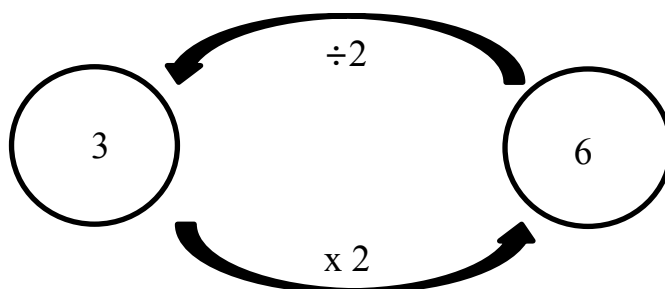
Pictogrammes des étapes de résolution des tâches mathématiques



Appendice C

Exemple d'une feuille de tâches mathématiques

J'ai 3 bonbons. Mon frère a deux fois plus de bonbons que moi. Mon frère a 6 bonbons.



Calculs à faire

$$3 \times 2 = 6$$

$$6 \div 2 = 3$$

Réponse

Appendice D
Tableau des tâches prévues

Tableau 6

Ensemble des tâches mathématiques prévues

Rencontre	Type de tâches	Rappel	Enseignement explicite		
			Modelage	Pratique guidée	Pratique autonome
1	Enseignement des pictogrammes	N/A			
	Tâches pleines <i>fois plus</i>	N/A	$6 \times 2 = 12$ $4 \times 4 = 16$	$5 \times 2 = 10$ $4 \times 2 = 8$ $2 \times 4 = 8$ $3 \times 2 = 6$ $1 \times 4 = 4$	$1 \times 2 = 2$ $2 \times 2 = 4$
	Tâches pleines <i>fois moins</i>	N/A	$16 \div 2 = 8$ $20 \div 2 = 10$	$12 \div 2 = 6$ $2 \div 2 = 1$ $6 \div 3 = 2$ $10 \div 2 = 5$ $6 \div 2 = 3$	$8 \div 2 = 4$ $4 \div 2 = 2$
2	Recherche de Q2 avec <i>fois plus</i>	$3 \times 2 = 6$ $4 \div 2 = 4$	$4 \times 4 = 16$ $6 \times 2 = 12$	$3 \times 4 = 12$ $5 \times 2 = 10$ $1 \times 5 = 5$ $3 \times 2 = 6$ $4 \times 2 = 8$	$1 \times 2 = 2$ $2 \times 2 = 4$
3	Recherche de Q2 avec <i>fois moins</i>	$2 \times 3 = 6$ $2 \times 2 = 4$	$14 \div 2 = 7$ $12 \div 3 = 4$	$20 \div 2 = 10$ $16 \div 4 = 4$ $15 \div 5 = 3$ $12 \div 4 = 3$ $10 \div 2 = 5$	$16 \div 8 = 2$ $20 \div 5 = 4$

4	Recherche de Q1 avec <i>fois plus</i>	$10 \div 5 = 2$ $8 \div 2 = 4$	$5 \times 4 = 20$ $6 \times 2 = 12$	$2 \times 10 = 20$ $8 \times 2 = 16$ $4 \times 2 = 8$ $3 \times 2 = 6$ $7 \times 2 = 14$	$9 \times 2 = 18$ $4 \times 3 = 12$
5	Recherche de Q1 avec <i>fois moins</i>	$4 \times 2 = 8$ $2 \times 2 = 4$	$10 \div 2 = 5$ $20 \div 2 = 10$	$20 \div 5 = 4$ $9 \div 3 = 3$ $16 \div 2 = 8$ $10 \div 5 = 2$ $6 \div 3 = 2$	$4 \div 2 = 2$ $6 \div 2 = 3$
6	Recherche de C avec <i>fois plus</i>	$10 \div 2 = 5$ $8 \div 2 = 4$	$2 \times 4 = 8$ $4 \times 5 = 20$	$5 \times 3 = 15$ $4 \times 4 = 16$ $7 \times 2 = 14$ $2 \times 6 = 12$ $4 \times 2 = 8$	$10 \times 2 = 20$ $2 \times 3 = 6$
7	Recherche de C avec <i>fois moins</i>	$6 \times 3 = 18$ $9 \times 2 = 18$	$20 \div 4 = 5$ $20 \div 2 = 10$	$12 \div 4 = 3$ $20 \div 10 = 2$ $8 \div 2 = 4$ $16 \div 8 = 2$ $9 \div 3 = 3$	$14 \div 7 = 2$ $20 \div 5 = 4$
8	Tâches mélangées	$8 \div 4 = 2$ $10 \div 5 = 2$	Recherche de Q1	Recherche de Q2	Recherche de C
			$20 \div 5 = 4$ $8 \div 2 = 4$ $10 \times 2 = 20$ $3 \times 5 = 15$	$20 \div 4 = 5$ $12 \div 6 = 2$ $2 \times 10 = 20$ $9 \times 2 = 18$	$4 \times 2 = 8$ $3 \times 4 = 12$ $12 \div 2 = 6$ $6 \div 3 = 2$

Appendice E

Certificat éthique



CERTIFICAT D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE AVEC DES ÊTRES HUMAINS

En vertu du mandat qui lui a été confié par l'Université, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains a analysé et approuvé pour certification éthique le protocole de recherche suivant :

Titre : Un premier sens de la multiplication chez un élève ayant un trouble du spectre de l'autisme

Chercheurs : Gabrielle Outuc
Département des sciences de l'éducation

Organismes :

N° DU CERTIFICAT : CER-16-223-07.11

PÉRIODE DE VALIDITÉ : Du 02 mai 2016 au 02 mai 2017

En acceptant le certificat éthique, le chercheur s'engage :

- à aviser le CER par écrit de tout changement apporté à leur protocole de recherche avant leur entrée en vigueur;
- à procéder au renouvellement annuel du certificat tant et aussi longtemps que la recherche ne sera pas terminée;
- à aviser par écrit le CER de l'abandon ou de l'interruption prématurée de la recherche;
- à faire parvenir par écrit au CER un rapport final dans le mois suivant la fin de la recherche.

Valérie Hébert

Présidente du comité

Fanny Longpré

Secrétaire du comité

Décanat de la recherche et de la création

Date d'émission : 02 mai 2016

Appendice F

Ensemble des données brutes

Participant	Page	Rencontre	Étapes enseignement	Opération	Recherche	Q1	C	Q2	Conduites P	Stratégies P	Conduites ortho	Perturbateur	
1	1	1	Modelage	x	P	6	2	12					
1	2	1	Modelage	x	P	4	4	16					
1	3	1	Pratique guidée	x	P	5	2	10	R	I		PI(facile)	
1	4	1	Pratique guidée	x	P	4	2	8	R	I	TT		
1	5	1	Pratique guidée	x	P	2	4	8	R	I	TT		
1	6	1	Pratique guidée	x	P	3	2	6	R	I		PE(picto)	
1	7	1	Pratique guidée	x	P	1	4	4	R	I			
1	8	1	Pratique autonome	x	P	1	2	2	R	I		PI(facile)	
1	9	1	Pratique autonome	x	P	2	2	4	R	I			
1	10	1	Modelage	÷	P	16	2	8		I		PI(facile)	
1	11	1	Modelage	÷	P	20	2	10		I		PE(chuchotement)	
1	12	1	Pratique guidée	÷	P	12	2	6	R	I			
1	13	1	Pratique guidée	÷	P	2	2	1	R	I			
1	14	1	Pratique guidée	÷	P	6	3	2	R	I		PI(schéma)	
1	15	1	Pratique guidée	÷	P	10	2	5	R	I			
1	16	1	Pratique guidée	÷	P	6	2	3	R	I		PE(ortho)	
1	17	1	Pratique autonome	÷	P	8	2	4	R	I		PE(temps)	
1	18	1	Pratique autonome	÷	P	4	2	2	R	I		PE(téléphone)	
1	19	2	Rappel	x	P	3	2	6	R	I		PE(thème tâche)	
1	20	2	Rappel	÷	P	4	2	2	R	I			
1	21	2	Modelage	x	Q2	4	4	16		N(MQ)			
1	22	2	Modelage	x	Q2	6	2	12					
1	23	2	Pratique guidée	x	Q2	3	4	12	R	I			
1	24	2	Pratique guidée	x	Q2	5	2	10	R	I			
1	25	2	Pratique guidée	x	Q2	1	5	5	R	I			
1	26	2	Pratique guidée	x	Q2	3	2	6	R	I			
1	27	2	Pratique guidée	x	Q2	4	2	8	R	I			
1	28	2	Pratique autonome	x	Q2	1	2	2	R	I			
1	29	2	Pratique autonome	x	Q2	2	2	4	R	I	TRS		
1	30	3	Rappel	x	Q2	2	3	6	R	I		PE(grand-maman)	
1	31	3	Rappel	x	Q2	8	4	32	R	I	TT	PE(thème tâche)	
1	32	3	Modelage	÷	Q2	14	2	7				PI(anxiété)	quitte
1	33	3	Modelage	÷	Q2	12	3	4					
1	34	3	Pratique guidée	÷	Q2	20	2	10	R	I		PI(anxiété)	
1	35	3	Pratique guidée	÷	Q2	16	4	4	R	I			
1	36	3	Pratique guidée	÷	Q2	15	5	3	R	I			
1	37	3	Pratique guidée	÷	Q2	12	4	3	R	I			
1	38	3	Pratique guidée	÷	Q2	10	2	5	R	I			
1	39	4	Pratique autonome	÷	Q2	16	8	2	R	I		PE(rencontre)	Arrêt
1	40	4	Pratique autonome	÷	Q2	20	5	4	R	I			
1	41	4	Rappel	÷	Q2	10	5	2	R	I		PE(nombre)	
1	42	4	Rappel	÷	Q2	36	9	4	R	R(MQ)			
1	43	4	Modelage	x	Q1	8	5	40		R(AQ)		PI(plaisir)	
1	44	4	Modelage	x	Q1	12	3	36		N(MQ)	TS		
1	45	4	Pratique guidée	x	Q1	9	4	36	R	R(MQ)			
1	46	4	Pratique guidée	x	Q1	10	8	80	R	I			
1	47	4	Pratique guidée	x	Q1	4	7	28	R	R(MQ)			
1	48	4	Pratique guidée	x	Q1	2	10	20	R	N(MQ)			
1	49	4	Pratique guidée	x	Q1	8	2	16	R	N(MQ)			
1	50	4	Pratique autonome	x	Q1	6	5	30	R	N(MQ)			
1	51	4	Pratique autonome	x	Q1	9	2	18	R	I			
1	52	5	Rappel	x	Q1	9	3	27	R	R(MQ)	MS		
1	53	5	Rappel	x	Q1	4	10	40	R	I	TS		
1	54	5	Modelage	÷	Q1	48	8	6		N(MQ)			
1	55	5	Modelage	÷	Q1	49	7	7					
1	56	5	Pratique guidée	÷	Q1	35	7	5	R	N(MQ)			
1	57	5	Pratique guidée	÷	Q1	28	4	7	R	N(MQ)	TT		
1	58	5	Pratique guidée	÷	Q1	24	4	6	R	N(MQ)			
1	59	5	Pratique guidée	÷	Q1	36	3	12	R	N(MQ)			
1	60	5	Pratique guidée	÷	Q1	20	5	4	R	N(MQ)			
1	61	5	Pratique autonome	÷	Q1	25	5	5	R	I			
1	62	5	Pratique autonome	÷	Q1	30	10	3	R	I			
1	63	6	Rappel	÷	Q1	40	4	10	R	I	TS		
1	64	6	Rappel	÷	Q1	18	3	6	R	I			